Die Leistungsfähigkeit der physiologischen Gedächtnis-Hypothesen.

Eine kritische Studie.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der

Philosophischen Fakultät

der

Albert-Ludwigs-Universität zu Freiburg im Breisgau

vorgelegt

von

Franz Kienle

aus Waldshut.

1935

Buchdruckerei Hellmuth Fürderer, vorm. Karl Henn, Freiburg im Breisgau

Referent: Prof. Dr. M. Honecker
Korreferent: Prof. Dr. P. Hoffmann

Tag der mündl. Prüfung: 31. Juli 1934.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinem lieben Grossvater
Oberlehrer a. D. Nikolaus Buntru
in Verehrung und Dankbarkeit gewidmet!

Inhaltsverzeichnis.

A. Einleitung.

Der Gedächtnisbegriff.
Bahnung und Hemmung als psychisches Phänomen.
Das Residuum.
Besteht die Notwendigkeit, die Gedächtniserscheinungen physiologisch zu erklären?
Der Unterbau der physiologischen Gedächtnistheorien.
Die Prüfung der Leistungsfähigkeit der physiologischen Gedächtnistheorien.
Das Neuron. Das physiologische Phänomen der Bahnung und Hemmung.

B. Hauptteil.

Die physiologischen Gedächtnistheorien.

I. Abschnitt.

Die älteren physiologischen Gedächtnistheorien.

1. Kapitel.

Das Residuum besteht in einer Erregbarkeitssteigerung.

a) Die Erregbarkeitssteigerung besteht in einer quantitativen Veränderung der erregbaren Substanz.
Kritik der physiologischen Gedächtnistheorien, welche eine quantitative Veränderung der nervösen Substanz als Ursache der Erregbarkeitssteigerung annehmen.

b) Die Erregbarkeitssteigerung besteht in einer qualitativen Veränderung der erregbaren Substanz.
Kritik der Theorien, welche eine qualitative Veränderung der nervösen Substanz als Residuum annehmen.

2. Kapitel.

Das Residuum besteht in einem dynamischen Erregungsrückstand.

II. Abschnitt.

Die Ebbeckesche Theorie der Dauererregung.

1. Kapitel.

Die Grundannahmen der Ebbeckeschen Theorie.

2. Kapitel.

Die Einwände gegen die Ebbeckesche Theorie und Ebbeckes Stützungsversuche.

3. Kapitel.

Die Stützung der Ebbeckeschen Theorie durch neuere Ergebnisse der Physiologie.

1. Erregbarkeitssteigerung — oder Erregungsrückstand?
2. Die Frage nach der Art des Erregungsrückstandes.
3. Summation, Bahnung, Hemmung.
   a) Summation.
   b) Bahnung und Hemmung.
4. Das Elektrenkephalogramm.
5. Dauererregung und psychische Erscheinungen mit besonderer Berücksichtigung der Ebbeckeschen Ansicht vom Gedächtnis.

4. Kapitel.
Kritik der physiologisch gestützten Ebbeckeschen Theorie.

III. Abschnitt.
Die Goldsteinsche Theorie der funktionellen Strukturen.
1. Kapittel.
Die Grundannahmen der Goldsteinschen Theorie.
2. Kapitel.
Die Leistung der Goldsteinschen Theorie.

IV. Abschnitt.
Lindworskys Frage nach der prinzipiellen Möglichkeit einer rein physiologischen Erklärung des Gedächtnisses.

C. Schluss.

Die psychistische Gedächtnistheorie von Becher.
Schlussbetrachtung.

A. Einleitung.

Der Gedächtnisbegriff.

Unter dem Begriff Gedächtnis pflegt man gemeinhin eine ganze Reihe nicht nur psychologischer, sondern auch biologischer Phänomone zusammenzufassen. Ich erinnere nur an Hering (45), der aller organisierten Materie Gedächtnis zuspricht, oder an Ostwald (61), der das Gedächtnis als Eigenschaft der lebenden Substanz betrachtet, während A. Lasson (50) ein materielles, ein seelisches und ein geistiges Gedächtnis unterscheidet.

Diese Beispiele mögen genügen, um die ungerechtfertigte Erweiterung des psychologischen Wortbegriffes zu einem biologischen erkennen zu lassen.

Wenn im folgenden von Gedächtnis die Rede ist, so wollen wir das Gedächtnis als psychologischen Begriff auffassen. Wir meinen dann die Tatsache, dass erlebte Eindrücke die Möglichkeit haben, wieder aktuell zu werden, woraus man auf ein latentes psychisches Dasein des früher Erlebten schliesst. Die erlebten Eindrücke sind noch in unserem psychischen Besitz.

Unter Gedächtnis im engeren Sinne verstehen wir den psychischen Besitz als solchen. *)

Unter Gedächtnis versteht man die Tatsache, dass früher Erlebtes in unserem psychischen Besitz ist. Erinnerung ist „Wieder-aktuell-werden" des psychischen Besitzes im Sinne einer Erlebniserneuerung. Ein Grundgesetz der Erlebniserneuerung ist die Assoziation. Zwei Erlebnisse können sich miteinander vergesellschaften, verbinden, assoziieren. Der Vorgang, dass sich ein Inhalt einen assoziierten zur Gesellschaftung

*) Der Terminus „psychischer Besitz" wurde von Prof. M. Honecker in seiner Vorlesung über empirische Psychologie W/S. 33/34 geprägt. Aus dieser Vorlesung stammen auch die angeführten Definitionen des Gedächtnisses, der Assoziation und Reproduktion.

herauholt, nennt man Reproduktion aufgrund der Assoziation. Unter Reproduktion versteht man das Reproduzieren durch ein Motiv oder auch das Reproduziertwerden eines Motivs.

Bahnung und Hemmung als psychisches Phänomen.

Die assoziative Reproduktion kann gebahnt oder gehemmt, d. h. erleichtert oder erschwert werden. Wir haben dann das Phänomen der psychischen „Bahnung" und „Hemmung". Nach Offner (60, S. 91) ist Assoziationshemmung die Tatsache, dass psychische Prozesse erschwert werden, wenn entweder ihre Erregungsstellen (Dispositionen) schon mit anderen assoziiert sind oder, wenn gleichzeitig verlaufende andere psychische Prozesse schwächere neue Assoziationen zurücklassen, als es sonst unter gleichen Umständen der Fall wäre. Mit anderen Worten versteht man unter assoziativer Hemmung die Erschwerung der Assoziation einer schon assoziierten mit einer neuen Vorstellung. Eine reproduktive Hemmung besteht, wenn infolge der weiteren Assoziation einer Vorstellung mit einer dritten bei der Erneuerung der ersten Vorstellung die Reproduktion der beiden anderen gehemmt ist. Umgekehrt kann die Assoziation und Reproduktion von Vorstellungen durch die Aufmerksamkeit gebahnt werden.

Das Residuum.

Die Erlebnisse hinterlassen Residuen, Dispositionen, („Angelegtheiten auf Wiedererleben hin" *). Bei der Reproduktion werden diese assoziierten Spuren oder Residuen wieder aufgefrischt, sie werden wieder bewusst, wiedererlebt.

Eine psychologische Theorie möchte diese Tatbestände nur mit der Annahme psychischer Residuen oder Dispositionen erklären. Neben anderen Einwänden gegen diese Theorie gibt es aber Beobachtungen, die auf eine organische Bedingtheit des Gedächtnisses hinweisen z. B. die Ausfallserscheinungen bei partiellen Rindenverletzungen.

Eine psychophysiologische Theorie sieht sich gezwungen, organische Spuren mit der nervösen Substanz als Träger anzunehmen. Dem psychischen Begriff des Gedächtnisses (als psychischer Besitz) würde also auf der physischen Seite der Zustand eines oder mehrerer Neurone entsprechen.

*) So Prof. M. Honecker.

Diese Neurone sind mit bestimmten anderen Neuronen, die psychisch assoziierten Inhalten entsprechen, durch gangbare Bahnen verbunden. Trifft nun eine Erregung dieses Systems auf durch ausgeschliffene Bahnen miteinander verbundene Residuen, dann wird sie den Weg wählen, der ihr den geringsten Widerstand entgegensetzt. Sie wird zur Aktivierung der miteinander assoziativ verbundenen Residuen führen, zur Reproduktion aufgrund der Assozation.

Eine physiologische Theorie behauptet: alles Gedächtnis ist Residuum im physiologisch-anatomischen Sinne. Jeder Eindruck setzt in bestimmten Hirnsphären bestimmte Nervenzellen in Erregung. Diese Zellen strahlen Erregungen in die Nachbarschaft aus, die mehr oder weniger miterregt wird. Wird dieser Zellkomplex nocheinmal erregt, dann taucht dasselbe Erlebnis auf, das die Erregung bewirkte. Durch Ausschleifung der zwischen zwei Erregungszentren gelegenen Bahnen werden diese Zentren assoziativ miteinander verbunden. Wird nun ein Zentrum von einem erneuten Reiz getroffen, dann führt dieser zur Wiedererregung auch des anderen Zentrums und damit zur Reproduktion des Urerlebnisses.

Im Mittelpunkt dieser Theorie steht die Frage nach der Natur der organischen Spur, des Residuums, und nach der Ursache der besseren Gangbarkeit der zwischen zwei assoziativ verbundenen Residuen verlaufenden Bahnen. Man hat darauf, wie wir im folgenden sehen, die verschiedensten Antworten gegeben, die sich mit dem Fortschritt der naturwissenschaftlichen Forschung immer mehr präzisierten. An diese Fortschritte der Naturwissenschaft, besonders der Physiologie, klammert sich die Hoffnung der Vertreter der Theorien von der physiologischen Natur des Gedächtnisses, einmal sämtliche Gedächtnisphänomene auf physiologischer Grundlage physikalisch-chemisch erklären zu können.

Die Frage nach der physiologischen Natur des Residuums im Sinne der physiologischen Gedächtnistheorie stösst auf ein zellularphysiologisches Problem.

Historisch gesehen kann man in der physiologischen Hirnforschung verschiedene Perioden unterscheiden, die sich jeweils ganz bestimmte Arbeitsziele vor Augen stellten. Durch die epochemachenden histologischen Arbeiten von Golgi, Nissl,

Ramón y Cajal, Retzius, His, Apathy u. a. über die Elemente des Zentral-Nervensystems (ZNS) wurden die Grundlagen geschaffen für die eingehende Bearbeitung der Frage nach der Lokalisation bestimmter Funktionen in den einzelnen Teilen des Rückenmarks, ganz besonders aber des Grosshirns. Nach der Entdeckung des Neurons durch W a l d e y e r erhob sich die Frage nach den Vorgängen in diesen Elementen des Nervensystems. Die Bedeutung der anatomisch-histologischen Kenntnis des Substrates der nervösen Verrichtungen für die physiologische Hypothesenbildung versteht sich von selbst. Denn es ist festzustellen, dass heute immer noch die anatomisch-histologische Forschung der physiologischen wesentlich vorauseilt. Wir besitzen heute noch keineswegs eine befriedigende physiologische Interpretation aller histologischen Befunde des ZNS. Trotzdem sind auch schon in dieser Richtung wesentliche Resultate erzielt worden. Man ging so vor, dass man sich frug: Ist der Neurit oder die Ganglienzelle der Sitz der mit den psychischen Abläufen parallellaufenden nervösen Vorgänge? Spielen sich die spezifisch nervösen Prozesse in den Ganglienzellen ab und dienen die Fasern nur der Leitung, oder sind die Nervenfasern Sitz der nervösen Prozesse und haben die Ganglienzellen nur trophische Funktion?

Auch heute kann noch nicht von einer restlosen Klärung dieser Frage gesprochen werden. Man neigt aber in der neueren physiologischen Literatur mehr der Ansicht zu, dass Ganglienzellen und Neurit eine funktionelle Einheit bilden. Die Vorgänge in einem Neuron sind jedoch noch in völliges Dunkel gehüllt, und zwar vornehmlich deshalb, weil diese mikroskopisch bis vor kurzem noch nicht isoliert betrachtet werden konnten. Erst in neuester Zeit ist es verfeinerten Methoden gelungen, Nervenfasern isoliert zu betrachten. Die weitere Forschung muss sich auf die Frage der Funktionsweise des Neurons konzentrieren. Man stösst hier also auf ein zellular-physiologisches Problem: Welche Vorgänge spielen sich in einem Neuron ab? Für unsere Frage nach dem physiologischen Korrelat des Gedächtnisses hätte die Lösung dieses Problems ausserordentliche Bedeutung.

Da die Forschung noch nicht soweit gediehen ist, müssen anstelle experimentell begründeter Tatsachen Hypothesen treten, die physiologische Erklärungen der psychischen Gedächtniserscheinungen zu geben versuchen.

Besteht die Notwendigkeit, die Gedächtniserscheinungen physiologisch zu erklären?

Wie kommt man überhaupt dazu, die Gedächtniserscheinungen physiologisch erklären zu wollen? Zweifellos ist diese Frage durchaus berechtigt, zumal es beim Gedächtnis, wie wir es aufzufassen gewohnt sind, sich zunächst um ein psychisches Phänommen handelt, das also der psychologischen Forschung als Arbeitsgebiet zufällt. Man kann fragen, ob es sich bei den Gesetzen der Assoziation nicht um psychische Gesetze handelt, die nicht weiter zu erklären sind, psychische Letztheiten darstellen. Tatsächlich sieht sich ja auch die Naturwissenschaft gezwungen, gewisse physische Gesetzmässigkeiten als nicht weiter erklärbare Erscheinungen hinzunehmen. So hätte zweifellos auch die Psychologie das Recht, die Assoziation als nicht weiter erklärbare psychische Gesetzmässigkeit anzunehmen. Demgegenüber pflegt man auf das enge, wechselseitige Abhängigkeitsverhältnis zwischen Physischem und Psychischem hinzuweisen und glaubt, dieses nur durch eine physiologische Erklärung psychischer Zusammenhänge verstehen zu können. Zudem beweise ja die Tatsache der Ausfallserscheinungen bei partiellen Gehirndefekten die physiologische Bedingtheit der psychischen Abläufe. Man pflegt dabei ausser acht zu lassen, dass die Befunde bei Hirnrindenverletzungen auch durch die Annahme erklärt werden können, dass die Unversehrtheit gewisser Rindengebiete eine Bedingung für das Zustandekommen psychischer Abläufe darstellt. Die ausschliessliche Abschiebung des Problems auf das Physische stellt also keineswegs eine wissenschaftliche Notwendigkeit dar.

Der Unterbau der physiologischen Gedächtnistheorien.

Wie entstehen denn die Theorien einer physiologischen Erklärung des Gedächtnisses?

Den Ausgang nehmen die Theorien meist von einfachen psychologischen Tatbeständen. Zu deren Erklärung werden physiologische Verhältnisse hypothetisch konstruiert, jedoch sind sie aus anatomisch-histologischen oder gar physiologischen Tatsachen nicht ableitbar.

Im Verlauf einer solchen Erklärung werden die im Psychischen festgestellten Tatsachen meist auf das Physische übertragen. So z. B. auch die Tatsachen der Reproduktion aufgrund einer Assoziation. Unser Gedächtnis vermag einen Erlebnisinhalt

so festzuhalten und mit anderen Inhalten so zu verbinden, dass sie gemeinsam als reproduzierte Vorstellung wieder ins Bewusstsein treten. Diese psychische Leistung wird von der physiologischen Erklärung auf die nervöse Substanz abgeschoben und als eine Fähigkeit des Gehirns aufgefasst. Die Neurone des Gehirns sind es, die von den Inhalten Spuren zurückbehalten haben, die durch einen biologischen Prozess durch gangbare Bahnen miteinander verbunden werden. Die seelische Erfahrung der wechselseitigen Reproduzierbarkeit wird dann auf diese physiologische Verbindung zurückgeführt. Entsprechend ihrer Entstehungsweise ist der physiologische Unterbau dieser Theorien sehr hypothetisch. Sie berücksichtigen zwar die anatomisch-histologischen und physiologischen Tatsachen, sind aber meistens keineswegs aus diesen ableitbar.

Diese Methode ist solange zu billigen, als sie sich ihres pypothetischen Unterbaues und des beschränkten Geltungswertes ihrer Konstruktionen bewusst bleibt. Meist strebt den Vertretern der physiologischen Theorien das Ziel vor, alle psychischen Abläufe rein physiologisch zu erklären, sodass das Psychische im Sinne eines materialistischen Parallelismus als blosses Epiphänomen ohne Einfluss auf den physischen Kausalzusammenhang erscheint, oder man leugnet im Sinne eines absoluten Materialismus die Existenz eines psychischen Lebens und versucht unser Tun und Lassen aus der Natur der Reize der ererbten und im Laufe des Lebens entwickelten Struktur des Nervensystems und der Gesamtheit der von früheren Reizen herstammenden Veränderungen dieser Struktur zu erklären. Der hypothetische Unterbau der spekulativen Behandluug des Problems wird dabei vergessen und Analogie als Identität aufgefasst.

Bei dieser Sachlage müssen die Leistungen der physiologischen Theorien des Gedächtnisses bei der Erklärung der Gedächtniserscheinungen für die Beurteilung ihres wissenschaftlichen Wertes massgebend sein. Vermögen die Theorien oder Analogien die Tatsachen des Gedächtnisses gut und einwandfrei zu erklären, so wird man sie als wissenschaftlich wertvoll bezeichnen und ihnen die Anerkennung nicht versagen dürfen.

Die Prüfung der Leistungsfähigkeit der physiologischen Gedächtnistheorien.

Wir möchten den physiologischen Theorien alle Möglich-

keiten zu ihrer Rechtfertigung geben. Deshalb werden wir an ihre Leistungen die denkbar geringsten Anforderungen stellen, um von vornherein dem Vorwurf zu begegnen, wir hätten die Forderungen der Kritik zu hoch geschraubt. Wir vermeiden es deshalb, auf die Probleme der Reproduktion von Gestalten gleicher oder ähnlicher Inhalte im besonderen einzugehen. Wir wollen die physiologischen Theorien nur daraufhin untersuchen wie sie die Grunderscheinung der gesamten Gedächtnispsychologie zu erklären vermögen: Die Reproduktion aufgrund einer Assoziation.

Versagen aber die Theorien gegenüber dieser bescheidenten Anforderung, so wird man die Konsequenz zu ziehen haben.

Man könnte uns den Einwand machen, dass die Theorien durch Verwendung der neuesten physiologischen Forschungen zur Stützung ihrer hypothetischen Konstruktionen an Wahrscheinlichkeit gewinnen würden, da man ihnen immer den Vorwurf machte, ihre Grundlagen seien physiologisch weder der unmittelbaren oder mittelbaren Beobachtung zugänglich noch belegbar und würden sich auch nicht in irgend einer Form manifestieren. Da aber die physiologischen Theorien schon ein gewisses Alter erreicht haben, so bestünde für sie keine Möglichkeit, die neuesten physiologischen Forschungen zu ihrer Stützung zu verwenden.

Um diesem Einwand zu begegnen, unternehmen wir es, die Ebbeckesche Theorie der Dauererregung unter Verwendung der Resultate neuester physiologischer Forschung zu stützen. Wie wir sehen werden, wird es uns gelingen, wichtige Argumente für die Existenz der Grundlage der Theorie, der Dauererregung, beizubringen und die Theorie auch anderweitig zu unterstützen. Es wird deshalb unsere besondere Aufgabe sein, gerade diese Theorie auf ihre Leistung in der Erklärung des psychischen Grundphänomens, der Reproduktion aufgrund der Assoziation, zu untersuchen. Damit haben wir den physiologischen Theorien des Gedächtnisses alle nur denkbaren Möglichkeiten zu ihrer Rechtfertigung gegeben. Versagen sie bei dieser Prüfung, so werden wir uns fragen müssen, ob die Vertreter dieser Theorien sich nicht auf falscher Fährte bewegen und ob überhaupt die Möglichkeit einer rein physiologischen Erklärung der psychischen Gedächtniserscheinung besteht.

Das Neuron. Das physiologische Phänomen der Bahnung und Hemmung.

Die psychischen Vorgänge werden als Ausdruck der Erregung von Neuronennetzen aufgefasst. Daraus folgt, wie schon erwähnt, die Arbeitsmethode: Es werden die Erregungsabläufe in den Neuronen untersucht und die gefundenen Tatsachen im Sinne einer Theorie von den physiologischen Korrelaten des Gedächtnisses ausgewertet. Es taucht allgemein zunächst die Frage auf: „Hat die Einzelwahrnehmung eine oder mehrere Nervenzellen zum Substrat?“ (22, S. 367). Die Frage wird gewöhnlich dahin beantwortet, dass wohl eine Neuronenkette an dem Zustandekommen beteiligt ist. Jedoch sind nicht alle Teile eines Neurons als gleich bedeutend für den Erregungsablauf zu betrachten. Es sind vielmehr verschiedene Erregbarkeitstypen zu unterscheiden. Verworn (76) unterschied isobolische, d. h. dem „Alles- oder Nichtsgesetz“ folgende, und heterobolische, dem Gesetz der Summation der Erregungen folgende Teile einer Neuronenkette und erkannte im peripheren Nerv einen Typus isobolischer und in der Ganglienzelle einen Typus letzterer Art.

Machen wir uns diese Verhältnisse an einer Kette mehrerer Neurone klar. Jedes Neuron besteht aus einem Neuriten, dem Ganglienzellfortsatz und der eigentlichen Ganglienzelle. Der Ganglienzelle kommt die Fähigkeit zu, Erregungen zu summieren, während der Neurit dem „Alles- oder Nichts-Gesetz“ folgt. Nehmen wir an, es treffen auf das Anfangsglied der Kette, die Ganglienzelle, eine Reihe kurz aufeinanderfolgender Reize. Da der erste und zweite Erregungsstoss die Erregungsschwelle des anschliessenden Neuriten nicht erreicht, *) bleibt die Erregung bei der Ganglienzelle stehen. Die nun folgenden, die Ganglienzelle erreichenden Erregungsstösse summieren sich mit den vorhergehenden Erregungen solange, bis die Reizschwelle des Neuriten erreicht ist. Ist dies der Fall, so wird die Erregung durch den Neuriten dekrementlos weitergeleitet. In der angeschlossenen nächsten Ganglienzelle erleidet sie ein Dekrement, sodass sie die Reizschwelle des zugehörigen Neuriten nicht mehr erreicht. Erst durch Summation mit einer nachfolgenden Erregung wird die Schwelle erreicht und die Erregung weitergeleitet. Die Erregungen, die jeweils an einer Ganglienzelle eintreffen,

*) so ist unsere Annahme.

sind alle gleich stark, denn der Neurit leitet entweder „alles oder nichts“. Für das Fortschreiten einer Erregung ist die Erregbarkeit der Ganglienzelle massgebend, die ihrerseits wieder die Erregbarkeit des Neurons bestimmt. Die Erregbarkeit eines Neurons im Momente des Erregungsablaufs entscheidet, ob eine Erregung von ihm weitergeleitet wird, oder ob die Erregung stehen bleibt. Diese Tatsache veranlasste Goldscheider (40), die „Neuronenschwelle“ als Begriff einzuführen, als „diejenige Höhe der Erregung eines Neurons“ . . . . „welche eben hinreicht, um im Kontaktneuron eine Erregung hervorzurufen.“ (40, S. 3.) Dadurch erklärt sich auch, warum eine Erregung gerade diesen Ablauf nimmt. Es kommt eben darauf an, ob die Erregung in diesem oder jenem Neuron bessere Bedingungen für ihren weiteren Verlauf findet, d. h. ob die „Neuronenschwelle„ überschritten ist oder nicht. Nehmen wir an, dass die Erregbarkeit einer Ganglienzelle durch Reize verschiedenster Art erhöht werden kann, dann haben wir das Phänomen der physiologischen Bahnung; denn die Erregung wird auf jener Bann fortschreiten, welche die leichtest erregbare ist. Andererseits kann durch die gleichzeitige Erregung eines oder mehrerer benachbarter Neurone die Erregbarkeit herabgesetzt und dadurch ein Erregungsablauf gehemmt werden; wir haben dann das Phänomen der physiologischen Hemmung. Die Leichtigkeit der Reproduktion muss also eine Funktion der Erregungsintensität des Neurons sein. Wenn man fragt: Was ist es, was ein Neuron auf einen Reiz leichter ansprechbar macht?, so kommen wir wieder auf das zellularphysiologische Problem der Gedächtnisspur und damit auf die wichtigste der neurophysiologischen Hypothesen seelischer Erscheinungen: die des Gedächtnisses. Sie ist deshalb von hervorragender Wichtigkeit, weil man vielfach der Ansicht ist, dass Vorstellung, Urteil, Wille usw. durch die gleiche physiologische Hypothese erklärt werden könnten.

B. Hauptteil.

Die physiologischen Gedächtnistheorien.

Von den Vertretern dieser Theorien wird das Gedächtnis als eine Fähigkeit des Körpers dargestellt und die Residuen, die Nachwirkungen von Reizen, als körperlich aufgefasst. In diesem Sinne frägt man nach der bleibenden Veränderung im Zustand des Neurons, die einer neuen Erregung eine bestimmte Richtung gibt, nach dem physiologischen Korrelat des Gedächtnisses, nach dem Residuum. Die Theorien, die darüber Auskunft zu geben suchen, nehmen zwei verschiedene Tatbestände als Residuum an. Während die eine Gruppe in einer Erregbarkeitssteigerung der Ganglienzelle das Wesen des Residuums erblickt, glaubt eine andere Gruppe an ein Residuum in Form eines Erregungsrückstandes. Wir beschränken die Ausführungen auf die Darstellung der mit physiologischen Begriffen arbeitenden Theorien und möchten im folgenden die typischsten Formen der verschiedenen Richtungen aufzeigen.

I. Abschnitt.

Die älteren physiologischen Gedächtnistheorien.

1. Kapitel.

Das Residuum besteht in einer Erregbarkeitssteigerug.

a. Die Erregbarkeitssteigerung besteht in einer quantitativen Veränderung der erregbaren Substanz.

Es ist durchaus charakteristisch für die vorliegenden Theorien, dass sie den Wissensgebieten entnommen sind, die gerade zu jener Zeit im Brennpunkt des wissenschaftlichen Interesses standen. So weisen die Theorien einer quantitativen Veränderung der erregbaren Substanz daraufhin, dass ihre Geburt in eine Zeit fiel, in der die morphologische, histologisch-anatomische Forschung in der Biologie die Hauptrolle zu spielen berufen war. Die Frage nach dem Gedächtnisresiduum hat somit damals auch eine entsprechende Behandlung erfahren.

So nimmt Exner (31, bes. S. 57) an, dass man als Grundlage einer bestehenden engeren Verwandschaft von Nervenzellen eine verschiedene Dicke der sie verbindenen Bahnen annehmen müsse. Er sah also in der Volumenzunahme der Nervenfasern eine Erklärungsmöglichkeit des Gedächtnisproblems. Eine bestimmte Assoziation kommt dadurch zustande, dass die einzelnen Nervenfasern verschiedene Dicke haben und so ein Reiz in den dickeren Nervenfasern einen geringeren Widerstand erfährt und deshalb dorthin leichter vordringen kann. Wird dem Reiz ein zu grosser Widerstand entgegengesetzt, dann erlischt er, indem er ein so starkes Dekrement erleidet, dass er den Schwellenwert eines folgenden Neurons nicht mehr erreicht. Diese Theorie stimmt mit unseren heutigen physiologischen Kenntnissen insofern nicht mehr überein, als die Annahme eines starken Dekrements einer Erregung beim Durchlaufen einer Neuronenkette nicht mehr aufrecht erhalten werden kann.*)

Ebenfalls von morphologischen Gesichtspunkten geht Ziegler (81) aus. Er glaubt die physiologische Bedeutung der von Schultze, Nissl, Apathy und Bethe beschriebenen Neurofibrillen darin sehen zu dürfen, dass sie die vorgeschriebenen Bahnen eines Erregungsablaufes darstellen. Ziegler unterscheidet nach ihrer Herkunft kleronome (ererbte) und enbiotische (erworbene) Bahnen. Die enbiotische Bahn entsteht so, dass eine noch wenig oder gar nicht benutzte Bahn durch funktionelle Anspannung verstärkt wird. Was sich verstärkt, sind die Neurofibrillen, die unter dem Einfluss funktioneller Reize an Masse zunehmen. Eine einzige Zelle kann so sehr viele Bahnen enthalten. Ziegler könnte so einem Einwande begegnen, den man gegen die Exnersche Theorie machen kann, dass nämlich die Ganglienzellen mit ihren Verbindungen an die Zahl der möglichen verschiedenen Assoziationen gar nicht heranreichen. Durch die Heranziehung der Neurofibrillen als Bahnen ist die Zahl der auf dieser Basis möglichen Assoziation zumindest stark erhöht. Die Zieglersche Theorie würde auch den in neuerer Zeit von Donaldson und Ingbert (24) gefundenen Resultaten entsprechen. Die beiden Forscher stellten fest, dass die afferenten Fasern, welche in das menschliche Rückenmark eintreten, die efferenten um das Dreifache übersteigen; nimmt man noch die Hirnnerven hinzu, so

*Prof. P. Hoffmann-Freiburg, in seiner Vorlesung über Physiologie des Nervensystems und der Sinnesorgane S./S. 32.

ergibt sich das Verhältnis 1:5. Daraus muss geschlossen werden, dass es im ZNS in ausserordentlichem Umfange gemeinsame Strecken gibt.

Diese Ergebnisse können nicht in Einklang gebracht werden mit der Exnerschen Theorie. Denn es sind im ZNS nicht soviel Bahnen da, wie sie darnach tatsächlich gefordert werden müssten.

Derselben Schwierigkeit begegnet die Verwornsche Auffassueg von den physiologischen Gedächtnisresiduen (75). Unter Gedächtnis versteht Verworn die Fähigkeit, Vorstellungen, d. h. Erinnerungsbilder von Empfindungen zu reproduzieren, und zwar nicht nur durch den Sinnesreiz, der die ursprünglichen Empfindungen das erste Malauslöste, sondern auch durch Impulse von anderen Seiten (75. S. 119).

Der Verwornschen Auffassung über die Physiologie der Nerven und Gehirnorgane liegt seine Biogenhypothese zugrunde. Im Mittelpunkt der Verwornschen Theorie steht das Biogen. Das Biogen ist ein in der Grundsubstanz des Protoplasmas enthaltener Stoff, eine komplizierte Verbindung, „die selbst schon einem fortwährenden Stoffwechsel unterliegt, indem sie durch Umlagerung der Atome an bestimmten Punkten ihrer grossen Moleküle fortwährend sich dissoziiert und darauf wieder restituiert." (74. S. 68/69). Unter Erregbarkeit versteht Verworn: „die Fähigkeit der lebenden Substanz, auf Reize mit einer Beschleunigung des Stoffwechsel der Biogenmoleküle zu reagieren. Das Mass für die Erregbarkeit ist die Grösse des Reizerfolges in ihrem Verhältnis zur Reizintensität bei einer gegebenen lebendigen Substanz" (74. S. 72).

Verworn unterscheidet zwei Erregungsformen: die assimilatorischen Prozesse sind die aufbauenden Prozesse, während die dissimilatorischen Erregungen diejenigen Umsetzungen sind, welche vom Zerfall der Biogenmoleküle bis zur fertigen Bildung der ausgeschiedenen Stoffwechselprodukte reichen. Er spricht nur der dissimilatorischen Erregung die Fähigkeit zu, sich von Ganglienzelle zu Ganglienzelle fortzupflanzen. Und „da es sich bei der Vorstellung und Gedankenbildung unter dem Einfluss der Sinnesreize um Vorgänge handelt, die durch Nervenleitung zwischen oft weit getrennt gelegenen Stationen der Grosshirnrinde miteinander verknüpft werden, so kann also die geistige Tätigkeit nur an dissmilatorische Erregungen gebunden sein," (75, S. 120).

Als Gedächtnisresiduum bleibt eine Vermehrung der entladbaren Masse auf den Ganglienzellenstationen zurück, und dadurch werden oft die Widerstände für die Weiterleitung der Erregung vermindert und so die Bahnen für eine leichtere Assoziationsbildung ausgeschliffen. „Das Gedächtnis ist also nur eine spezielle Folge der Übung und beruht auf dem Ausschleifen bestimmter Assoziationsbahnen durch Verstärkung der Entladungsimpulse in ihren Ganglienzellenstationen". (75, S. 137).

Ein funktioneller Reiz, der Empfindungen, Vorstellungen, Gedanken usw. hervorruft, löst in den Ganglienzellen der Grosshirnrinde eine Kette von dissimilatorischen Erregungen aus. Nach Verworn besteht eben jede funktionelle Beanspruchung in einer dissimilatorischen Erregung. Er konstatiert ein enges Abhängigkeitsverhältnis zwischen der funktionellen Beanspruchung und der Massenzunahme des Zellprotoplasmas. (75, S. 130). Die „Spuren", welche die Sinnesreize im Nervensystem hinterlassen, bestehen also in einer Substanzvermehrung der Ganglienzelle. Diese Substanzunahme betrachtet Verworn als eine reine Übungserscheinung, die sich in das allgemein biologische Gesetz der funktionellen Anpassung der Organe einordnen lässt. Verworn versteht unter Massenzunahme der Ganglienzelle nicht dasselbe, wie es etwa Exner für die Ganglienzelle und Ziegler für die Neurofibrillen angenommen hatte. Wie oben schon erwähnt, nimmt Verworn in seiner Biogenhypothese (74) vielmehr die Bildung labiler Moleküle an. Die Biogene sind Moleküle, die mit explosiblen Körpern verglichen werden könnten, die sich in einem sehr labilen Gleichgewichtszustand befinden und bei Erschütterungen explodieren, d. h. ihre Atome in stabilere Bedingungen übergehen lassen. Der Zerfall des Biogens soll so vor sich gehen, dass bei den äusserst lebhaften intramolekularen Schwingungen der Atome, die den labilen Zustand der Moleküle bedingen, manche Atome teils von selbst, teils infolge äusserer Reizanstösse in die Wirkungsphase von Atomen kommen, zu denen sie grössere Affinität besitzen, und so nach der grössten Affinität sich umgruppieren. Es kommt also bei der Übungshypertrophie nicht so sehr auf eine Massenzunahme des Zellprotoplasmas als auf die vermehrte Bildung entladungsfähiger Substanz an Das Ergebnis seiner Untersuchungen fasst Verworn dann wie folgt zusammen: „Das Betriebskapital, mit dem die Menschheit ihre geistige Entwicklung beginnt, liegt im Assoziationsleben. Dafür

liefern uns die anatomisch-physiologischen Einrichtungsn unseres Gehirns die beste Bestätigung. Sie zeigen uns immer nur Ganglienzellen, die durch ihre Nervenfasern mit Ganglienzellen verknüpft sind in unübersehbarer Fülle". „Das ist das Substrat der Assoziationsvorgänge. Da bleibt kein Platz für hypothetische Vorgänge anderer Art, die, wie etwa die Apperzeption nicht assoziativer Natur sein sollten. Alle geistige Entwicklung besteht ausschliesslich in einer immer feineren Ausgestaltung des Assoziationslebens unter der selektiven Kontrolle der Erfahrung, und das augenblickliche Produkt dieses Entwicklungsprozesses ist unsere heutige Geisteskultur". (77, S. 32).

Kritik der physiologischen Gedächtnistheorien, welche eine quantitative Veränderung der nervösen Substanz als Ursache der Erregbarkeitssteigerung annehmen.

Wir können uns dabei im wesentlichen auf die Kritik der Verwornschen Theorie als der bekanntesten und bedeutendsten beschränken. Besonders auch deshalb, weil dieselben Einwände auch für Exner und Ziegler gelten.

Verworn ist also der Überzeugung, dass das Gedächtnis auf einer funktionellen Anpassung beruhe. Diese funktionelle Anpassung geht aber weit über das hinaus, was wir von Anpassung infolge von Übung bei anderen Organen kennen, z. B. bei der Verstärkung eines Muskels infolge wiederholter andauernder Beanspruchung. Verworn übersieht, dass es sich hier insofern um zwei ganz verschiedene Dinge handelt, als ja ein Residuum schon durch einen einmaligen Reiz geschaffen werden kann, eine Verstärkung eines Muskels aber erst das Produkt einer langen Übung ist. Trotzdem möchte er die Ausschleifung von Bahnen als Übungseffekt in dem Sinne aufgefasst wissen, in welchem wir beim Muskel von einem solchen sprechen. „Wenn wir uns nun vorstellen, dass die lebendige Substanz einer Ganglienzelle an Masse mehr und mehr zuuimmt, so wird der nervöse Impuls einer solchen Ganglienzelle natürlich viel stärker sein müssen als der Impuls, den eine kleine oder schwach entwickelte Ganglienzelle entlädt. Da aber von der Stärke des Impulses die Fortleitung der Erregung durch andere Ganglien-

zelllstationen hindurch abhängig ist, so wird eine Ganglienzelle für die Assoziationsbildung umso geeigneter werden, je mehr sich ihr Zellkörper durch reine Massenzunahme infolge seiner funktionellen Beanspruchung, d. h. durch Übung entwickelt. Eine stark entwickelte Ganglienzellle wird, wenn sie durch irgendeinen Impuls erregt wird, diesen Impuls mit Intensität auf der von ihr ausgehenden Bahn weiterschicken, und die Ganglienzellen, die sich auf dieser Bahn weiterhin anschliessen, werden selbst wieder einen starken Impuls erhalten und weiter fördern. Wenn dagegen eine schwach entwickelte Ganglienzelle einen Impuls entsendet, so kann die Erregung so schwach sein, dass sie schon auf der nächsten Ganglienzellstation erlischt, denn wie wir wissen, geht die Leitung zwar sehr leicht und schnell auch bei geringerer Impulsintensität durch die Nervenfäden, aber verhältnismässig schwer durch ungeübte Ganglienzellen hindurch. So schleifen wir Bahnen in der Grosshirnrinde aus, indem wir bewirken, dass immer mehr und mehr wieder auf denselben Bahnen Impulse verlaufen und nicht nach anderen Richtungen abschweifen. Schliesslich laufen infolge Vergrösserung der Ganglienzellen durch Übung und infolge der damit verbundenen Verstärkung der Impulsintensität die Erregungen auf diesen Bahnen immer leichter und leichter ab. So üben wir durch Erziehung die Assoziationen ganz bestimmter Vorstellungen ein . . . . . darauf beruht das Gedächtnis“ (73, S. 71—73).

Ein Vorteil der Verwornschen Theorie gegenüber anderen besteht darin, dass sie die lebhaften Jugenderinnerungen und die herabgesetzte Merkfähigkeit des Greises erklärt. Man kann sich diese Tatsache so denken, dass den jugendlichen Ganglienzellen eine grosse Anpassungsfähigkeit zukommt, die Bahnen deshalb eine solche Ausprägung erhalten, dass sie sich während eines ganzen Lebens erhalten, dass sie sich während eines ganzen Lebens erhalten und gegenüber den erst im späteren Leben durch Veränderung der weniger anpassungsfähigen Neurone entstandenen Residuen durch ihre leichte Reproduktionsfähigkeit auffallen. *)

*) Wie aus unseren späteren Betrachtungen über die Ebbecksche Theorie der Dauererregung hervorgehen wird, hat diese diesen Vorteil nicht. Es mutet fremdartig an, wenn man annehmen soll, dass in der Jugend die Dauererregungen so stark sein sollen, dass sie z. B. die nach 50 Jahren erworbenen oder entstandenen noch an Intensität übertreffen. Es liegt uns doch besser, anzunehmen, dass die in der Jugend erworbene Dauererregung im Laufe dieser 50 Jahre ihres Bestehens eine starke Abschwächung erfahre und so mindestens von den unmittelbar im Greisenalter erworbenen Dauererregungen der Neurone an Intensität übertroffen werde.

Dieser Vorteil wiegt aber die vielen Mängel nicht auf die der Verwornschen Theorie anhaften. Es wurden gegen sie mannigfache Einwände erhoben. Da dieselben Einwände bei neueren Theorien wiederkehren und wir sie dort näher in ihren Konsequenzen erläutern möchten, fassen wir uns hier kurz.

Es sind vor allem zwei Einwände, die man gegen die Verwornsche und ähnliche Theorien machen kann und gemacht hat. (4)

Die Verwornsche Hypothese erklärt zwar die Verstärkung einer bestehenden Assoziation, nicht aber die Bildung einer neuen. Zur Erklärung der Neubildung einer Assoziation müssen zu viele und den Stempel der Unwahrscheinlichkeit an sich tragende Hilfshypothesen aufgestellt werden. So fordert eine Hilfshypothese, dass es nur zur Bildung einer dauernden Ausschleifung kommt, wenn die Reize entweder gleichzeitig oder unmittelbar aufeinander eine Bahn in entgegengesetzter Richtung durchlaufen. Wie Becher bemerkt, ist es eine merkwürdige Annahme, zu der man unbedingt kommen muss, „dass eine Bahn ausgeschliffen wird, wenn zwei Erregungen in $^1/_5$ Sekunden Zeitabstand sie in entgegengesetzter Richtung durchfliessen, dagegen nicht merklich ausgeschliffen wird, wenn zehn Erregungen, in demselben zeitlichen Abstande, in gleicher Richtung sie befahren". (4, S. 184). Zu dieser Annahme lassen sich keinerlei physiologische Analogien finden. „Die Analogie mit der funktionellen Anpassung, der Stärkung des Muskels oder auch der Nervenzelle durch Übung versagt hier. Der Gedanke, in der Assoziationsbildung lediglich eine Übungswirkung zu sehen, wie wir sie vom Muskel her kennen, erscheint unter diesen Umständen nicht annehmbar." (4, S. 184).

Eine zweite Konsequenz der Verwornschen Theorie ist die, dass von jeder Erregung alle Residuen aktiviert werden müssten, „eine Folgerung, der unsere Erfahrung glücklicherweise durchaus nicht entspricht." (4, S. 188). Die Hypothese, die z. B. eine Assoziationsbildung zwischen durch entgegengesetzt gelegenen Pforten in das Gehirn eintretenden Reizen erklären soll, drängt zur Annahme, dass sich die in das Gehirn eintretende Erregung weit verbreitet. Warum werden aber durch nachfolgende Erregungen, die sich ja auch ausbreiten, nicht die niedergelegten Residuen aktiviert. Man kommt bei der Entgegnung auf diese Einwände ebenfalls zur Annahme von Hilfshypothesen, die nicht wahrscheinlich sind.

Bei dieser kursorischen Betrachtung lässt sich schon auf Mängel der Verwornschen Theorie hinweisen. Sie vermehren

sich noch, wenn man tiefer auf diese Kriterien eingeht, was wir anlässlich der Untersuchung der Leistungen der Ebbeckeschen Theorie tun wollen. Hier sei nur festgestellt, dass die Verwornsche Theorie die psychischen Gesetzmässigkeiten, insbesondere die Reproduktion aufgrund einer Assoziation, physiologisch nicht erklären kann. Die Verwornsche Theorie vermag also die ihr gestellten Aufgaben nicht zu lösen. Sie hat damit ihre Daseinsberechtigung verloren.

b. Die Erregbarkeitssteigerung besteht in einer qualitativen Veränderung der erregbaren Substanz.

Die Verwornsche Theorie leitete uns schon auf eine Gruppe von Hypothesen hin, die eine qualitative Veränderung der Neurone als Gedächtnisresiduen, d. h. als Ursache einer Erregbarkeitssteigerung ansehen wollen.

So nimmt E. Hering (43, 44, 45) eine spezifische, auf ganze bestimmte Reize abgestimmte Erregbarkeitssteigerung an, wenn er in seinem epochemachenden Vortrag „Zur Theorie der Nerventätigkeit“ (43) herausstellt, dass alle Erfahrung oder Übung in sensorischer, wie in motorischer Hinsicht, kurz das, was man bewusstes und unbewusstes Gedächtnis im weitesten Sinne dieses Wortes nennen kann, unmöglich ist, wenn nicht die lebendige Substanz der Nervenzellen und Fasern einer auch qualitativ variablen Ausbildung fähig ist. Er findet sogar gerade die Tatsache als Grundlage des Gedächtnisses, dass in einer einzelnen Nervenfaser nur immer die Schwingungsform fortgeleitet wird, auf welche eben nur gerade sie anzuklingen vermag. Nach Hering kann sowohl die Dissimilations- als auch die Assimilationsphase durch einen Reiz verändert werden. (44, bes. S. 39). Die nach einem Reiz zurückbleibende Erregbarkeitssteigerung besteht in einer Veränderung des Ruhestoffwechsels und erst längere Zeit nach Ablauf der Reizserie kehrt die lebendige Substanz allmählich auf das ältere Niveau zurück. Es besteht das Residuum also in einer gewissen Spannung des Stoffwechsels.

E. Rettig (63) kommt ebenfalls zu einem spezifischen Residuum, allerdings besonderer Art. Er operiert mit dem Begriff des Reizrestwiderstandes. „Ein die Zelle treffender schädigender Reiz zerstört Teile des Eiweisskristalls. Die zerstörten und vom Kristall weggelösten Teile liegen im Innern der Zelle

als schädigender Fremdkörper; wir können sie den Reizrest nennen. Es bestehen immer zwei Möglichkeiten zweckmässiger Reaktion der Zelle gegenüber dem Reizreste: entweder sie entfernt den Fremdkörper aus ihrem Innern, oder sie bildet gegen seine Wirkung einen Widerstand, den Reizrestwiderstand. Würde sie im letzteren Falle den Reizrestwiderstand zu einem späteren Zeitpunkt aufheben, so setzte der Reizrest erneut eine Reizveränderung der Zelle, die allerdings kleiner wäre als die des ursprünglichen Reizes. Der frühere Reiz käme in seiner Umwandlung als Reizrest zu einem späteren Zeitpunkt noch einmal in schwächerem Grade zur Wirkung, er würde erinnert" (63, S. 44). „Der allgemein-übergeordnete Nervenzellverband (die Grosshirnrinde) der höheren Tiere und des Menschen ist dahin vervollkommnet, dass er die Reizreste, die sich bei den von den Sinnesorganen und niedriegen Nervenzellverbänden durch die langen Nervenfortsätze zu ihm gelangenden Reizen bilden, nicht entfernt, sondern durch Reizrestwiderstände unschädlich macht, welche er leicht wieder aufzuheben vermag. Er gewinnt dadurch Gedächtnis für diese Reize und die Möglichkeit ihrer Erinnerung! Die Reizreste sind das Gedächtnis, die Erinnerung besteht in der Aufhebung des Reizrestwiderstandes". (63, S. 44) „Die Reizreste in den Zellen des allgemein-übergeordneten Nervenzellverbandes sind nicht nur verschieden stark, sondern auch verschiedenartig" (63, S. 45). „Wird nun in einem späteren Zeitpunkt der allgemein-übergeordnete Nervenzellverband von einem ähnlichen Reizbilde an gleicher Stelle getroffen, so bildet er einen ähnlichen Reizrestwiderstand. Hebt er denselben sofort wieder auf, so wird durch diese chemisch-physikalische Reakion nicht nur der Reizrestwiderstand des späteren Reizrestbildes, sondern auch der ihm durchaus ähnliche, von ihm chemisch-physikalisch nicht unterscheidbare Reizrestwiderstand des früheren Reizrestbildes aufgehoben (mehr oder weniger stark, je nach der Stärke der Reaktion): Beide Reizrestbilder treten wieder in Wirkung, sie setzen eine Reizveränderung, worauf sofort gegen die Schädigung der Reizrestwiderstand von neuem gebildet wird. Das frühere ähnliche Reizbild ist erinnert worden. Die Erinnerung früherer ähnlichen Reizbilder sollen wir unmittelbare Erinnerung (Ähnlichkeitserinnerung) nennen. Die sofortige Wiederaufhebung des nach dem Auftreffen eines Reizbildes frisch geschaffenen Reizwiderstandes — und damit die Erinnerung von ähnlichen

früheren Reizen — wird durch Vervollkommnung für den allgemein-übergeordneten Nervenzellverband zu einer leicht von statten gehenden und wenig schädigenden Art des Reizablaufes“ (63, S. 45).

Die Annahme von „Spannkräften“ macht sich auch P. Flechsig (33) zu eigen. Er sieht die geistigen Erscheinungen an komplizierte chemische Elemente gebunden, welche „die kompliziertesten Körper unseres Planeten“ seien (33, S. 4). Die Gedächtnisspuren verlegt er hauptsächlich in die Ganglienzellen, weil nur diese fähig sind, Reize aufzuspeichern „sich mit Spannkräften nach Art von Reservestoffen zu laden“. (33, S. 20).

Auf einem ähnlichen Prinzip baut Semi Meyer (58) seine Theorie auf. Nach ihm besteht das Gedächtnis in der „Fähigkeit, Erfahrungen zu machen“ (58, S. 40). Das Gedächtnis kann nur darauf beruhen, „dass entweder alle oder einzelne besonders damit betraute Gruppen von Nervenelementen imstande sind, von den Erregungen, die ihnen zukommen, eine Spur in irgendeiner Form aufzubewahren. Das Gedächnis ist demnach eine physiologische Funktion, und der grösste Teil der Gedächtnisarbeit vollzieht sich auch ohne jede Mitwirkung oder Kenntnis des Bewusstseins“. (58, S. 40). Meyer sieht ferner als selbstverständlich an, dass die Arbeilt des Gedächtnisses von Nervenelementen in irgendeiner Weise geleistet wird, und zwar kommt er zum Ergebnis, dass „die Gedächtnisfunktion in irgendeiner Weise durch Veränderung oder Entstehung von Spannungszuständen vermittelt wird“. (58, S. 57). Die Reize, oder die durch sie hervorgerufenen nervösen Erregungen, so meint Meyer, bleiben also im Gehirn, es wird ihre Energie zurückgehalten. Das kann aber selbstverständlich nicht anders geschehen, als indem Bewegung in Spannung übergeht. Die Gedächtnisarbeit muss also bestehen, entweder in Änderung oder in einer Schaffung von Spannungszuständen in gewissen Nervenelementen. In den der Gedächtnisfunktion dienenden Nervenelementen entsteht nur dann ein Spannungszustand, wenn sie Erregungen von aussen erhalten. Meyer denkt vornehmlich an eine chemische Bindung der Energie. Die auf einen Nerven treffende Erregung ruft im Nervenelement einen Spannungszustand hervor, der nicht sofort zur Entladung zu führen braucht, sondern die ersten zufliessenden Reize werden in Form von

Spannungen aufbewahrt, bis die Spannung den Grad erreicht hat, dass durch neue Reizung, also durch Widerholung desselben Eindruckes, eine Entladung erfolgen kann.

Mit mehr physikalischen Analoga arbeitet E. Rignano (64, 65). Er operiert mit dem physikalischen Begriff der Akkummulation und behauptet, „dass die spezifische Akkummulation z. B. eines gegebenen psychischen Empfindungszentrums, von der allein also seine — spezifische — Reizbarkeit abhängt, eben nur von der an diesem psychischen Zentrum früher erfolgten Akkummulation desselben spezifischen nervösen Stromes herrühren kann, den es jetzt als Entladungsstrom zu liefern vermag, der aber vorher als Ladestrom wirkte". (65, S. 349).

Ebenso zur Annahme spezifischer Residuen kommt Vageler (72), indem er die modernen Anschauungen über Atombau im Rahmen einer Theorie zu verwerten sucht. Jedes Neuron, so argumentiert er, hat eine spezifische Eigenschwingung seiner Moleküle. Es hat die Fähigkeit nur auf ganz bestimmte, den Eigenschwingungen identische oder sehr ähnliche Schwingungen, resonatorisch anzusprechen: Bei chemischen Reaktionen verschmelzen Elektronenringe der beteiligten Atome oder lösen sich aus einer Verschmelzung. Eine solche Lösung oder Verschmelzung aber bedeutet unter allen Umständen die plötzliche Änderung der Geschwindigkeit der Elektronen nach Grösse und Richtung, die als solche notwendig mit der Entsendung einer elektromagnetischen Schwingung in den Raum verbunden sein muss. Vageler macht diese Reaktionsstrahlung der lebenden, nervösen Substanz für die Fortpflanzung der Erregung von Molekül zu Molekül verantwortlich. Er glaubt, dass man es speziell in den höchsten Zentren mit ausserordentlich vielseitigen Molekülen zu tun hat, die eine ganze Reihe von molekularer Gruppen mit eigenen Reaktions- und damit Schwingungsmöglichkeiten enthalten. „Der endliche Ausgleich des Spieles der elektromagnetischen Resonanzen zu einer sich festigenden Reaktionsreihe hat sein psychologisches Gegenstück in der Urteilsbildung und im Schlusse" (!) „Die Gesetze der Logik erscheinen in gewissem Sinne als die ins Psychische übersetzten Gesetze der elektromagnetischen Resonanz". (72, S. 936).(!)

Im Gegensatz zu Vageler steht z. B. Goldscheider, (38, 39), der eine allgemeine Erregbarkeitssteigerung durch qualitative Veränderung der erregbaren Sub-

stanz annimt. Im Bestreben, sich ein Bild von den materiellen Veränderungen bei Assoziationsbildung zu machen, kommt er dabei zum Resultat, dass durch besonders tiefgehende Aufsplitterung der Atomkomplexe sich eigenartige Modifikationen der Biogenmoleküle von besonders labiler Beschaffenheit bilden. „Durch wiederholte Reize werden so immer mehr Moleküle von dieser labilen Beschaffenheit, von erhöhter Entladungsbereitschaft gebildet, es wird sozusagen Zündstoff angehäuft". (38, S. 150).

Diese labilen Verbindungen werden besonders dort gebildet, wo sich ein Knotenpunkt verschiedener „Kraftlinien" befindet, die „von den wahrnehmenden Elementen der Sinnessphäre" als Zentren ausstrahlen. So ist jedes Neuron als ein Kraftzentrum aufzufassen, von dem Kraftlinien nach allen Seiten ausstrahlen. Nur an den Kreuzungspunkten dieser Kraftlinien, den „Knotenpunktlinien", wird die Erregung durch Summation so gross, dass sie zu den oben genannten qualitativen Veränderungen führt, die ein Residuum darstellen. Die summierende Wirkung unterschwelliger Reize glaubt Goldscheider auf eine „Lockerung der Affinitäten" zurückführen zu können.

Ebenfalls mit einer Erregbarkeitssteigerung allerdings infolge reaktionsbeschleunigender Stoffe konstruiert E. Becher (3) seine Enzymhypothese des Gedächtnisresiduums, um sie auch gleich wieder zu verwerfen. Es läge nahe, „das (einfachste) Residuum als als ein durch die Erregung gebildetes Enzym aufzufassen. Der Erregungsvorgang, der sich in dem chemisch sehr zusammengesetzten Eiweisskörper abspielt, könnte ein Enzym hervorbringen, das seinerseits den chemischen Prozess der Erregung hervorzurufen die Tendenz hat." Die Wirkung dieses Enzyms wäre an das Vorhandensein einer Bedingung gebunden zu denken, die bei der Reproduktion durch das Reproduktionsmotiv, durch irgendeinen irgendwie, etwa auf einer ausgeschliffenen Assoziationsbahn, zufliessenden unbedeutenden Erregungsstoss dargestellt wird.

Die Ausschleifung würde man auf eine Ablagerung, bezw. Vermehrung solcher Enzyme auf dem ausgeschliffenen Nervenwege (evtl. in den einen solchen Weg erschwerenden Zellen) zurückführen. (3, S. 186).

Auf breiterer physiologischer Grundlage steht die autokatalytische Theorie von T. Brailsford Robertson (14, 15). Er

geht von dem Vergleich von Kurven aus, die den Verkauf verschiedener geistiger Leistungen ausdrücken. So gibt es z. B. eine Kurve, die das Verhältnis zwischen Lernzeit und Zahl der gelernten sinnlosen Silben darstellt. Ähnlich verlaufen Kurven, die die geistigen Leistungen beim Auswendiglernen eines Gedichtes zeigen. Indem Brailsford Robertsons sich nach physiologischen Anologa umsieht, findet er zeitlich in gleicher Weise wie jene psychische Erscheinungen verlaufende chemische Prozesse in den autokatalytischen Reaktionen. Er kommt schliesslich zum Schluss, dass die Gedächtnisspur durch Säuren dargestellt werde. Indem sie langsam aus der Zelle herausdiffundieren, kommt das Vergessen zustande.

Kritik der Theorien, welche eine qualitative Veränderung der nervösen Substanz als Residuum annehmen.

Wie wir sehen, bietet sich uns ein buntes Bild dar und besonders auch deshalb, weil wegen Mangel an Tatsachen der Spekulation freies Spiel gelassen wird.

Wir wenden uns nun kritisch den Theorien zu, welche eine qualitative Veränderung der nervösen Substanz als Residuum betrachten.

Die meisten Annahmen sind völlig willkürlich: So sagt z. B. Hering „Wie man sich äussere Reize denken kann, welche die lebendige Substanz zu stärkerer Dissimilierung nötigen, so kann man sich auch solche denken, welche sie zu stärkerer Assimilierung veranlassen“ (44, S. 39). Man sieht sehr wohl ein, dass dies der Fall sein kann. Es bleibt dabei aber die Frage ungelöst, nach welchen Prinzip diese Umstellung geregelt werden soll. Die von aussen kommenden Reize sind einander gleich. Warum ruft der eine Reiz eine Dissimilation hervor, der andere eine Assimilation? Der Entscheid kann doch nicht dem Zufall überlassen sein! Man könnte meinen, es sei eine bestimmte gerichtete Disposition, die die Lenkung des Vorganges in bestimmte Richtung bewirke. Dann müssen wir auch weiter fragen: Wovon ist diese Disposition abhängig? Wenn nicht von psychischen Faktoren, kann sie nur ein Produkt äusserer Reize sein. Damit ist aber der Mensch den Zufällen der Natur ausgeliefert: er ist ein Spielball seiner Umwelt. Es gelingt also Hering nicht, die Gedächtniserscheinungen rein physiologisch zu erklären.

Trotz allem muss Hering zugestanden werden, dass seine Theorie mit physiologischen Tatsachen arbeitet, teilweise ganz im Gegensatz zu den übrigen Vertretern der Theorie einer qualitativen Veränderung der nervösen Substanz, deren Hypothesen wir im folgenden besprechen wollen. Von ihnen werden teils physikalische Analoga zur Erklärung herangezogen, teils werden physikalische Mythologien konstruiert. Es braucht nicht betont zu werden, dass von einer einheitlichen Durchführung der Hypothesen von gegebenen Grundtatsachen oder auch nur Grundannahmen aus nicht die Rede sein kann. So sieht sich z. B. Semy Meyer zur Annahme gezwungen, dass die der Gedächtnisfunktion dienenden Nervenelemente eine Arbeitsweise haben, die darin von den anderen Nervenzellen abweicht, „dass bei ihnen ein Spannungszustand entsteht, wenn sie Erregungen von aussen empfangen"*) und nicht „durch Vermittlung des Stoffwechsels aus inneren Ursachen . . . . "(58, S. 58). Das Problem, wie es möglich sein soll, dass ein Reiz bei seiner grossen Irradiation nicht alle „Kombinationen" aktiviert, sieht Meyer nicht. Er verzichtet auch ausdrücklich darauf, „die Kombination der Eindrücke zu erklären". (58, S. 55). Die Theorie von Vageler und Rignano kann auch nur als Analogie aufgefasst werden. Becher verwirft seine Enzymtheorie selbst. Auch Goldscheider kann keine befriedigende Erklärung geben. Ich schliesse mich der Meinung Benno Erdmann's an, wenn er den Versuch Goldscheiders, zur psychologischen Erklärung einer „primären Assoziation durch Verflechtung" (30, S. 8) gleichzeitig oder kurzzeitig aufeinanderfolgende Erregunsausstrahlungen verantwortlich zu machen, als gescheitert betrachtet. Er „scheitert für modal verschiedene Sinneszentren an der Voraussetzung, dass nur den eine Assoziation vermittelnden Neuronen eine „erhöhte Entladungbereitschaft" zukomme. Auch wenn alle Hilfshypothesen zugegeben werden, mit denen zur Zeit jeder Erklärungsversuch der kortikalen Erregungen operieren muss, bleibt doch anzuerkennen, dass sich in den zentralen Neuronen in jedem Augenblick zahlreiche Dissimilationsprozesse abspielen, von denen nicht wenige stärker sein können als diejenigen, die eine Assoziation herbeiführen sollen". (30, S. 8).

*) Die Sperrung findet sich nicht im Original.

Wohl mit Recht kann man ebenfalls E. Rettigs Theorie des Reizrestwiderstandes als Produkt einer zurechtkonstruierten Spekulation bezeichnen. Er entwickelt eigenartige Vorstellungen von den Vorgängen in einer Zelle. (63, bes. S. 43).

Zusammenfassend kann man wohl sagen, dass es sich hier weniger um physiologische Theorien als um physikalisch-chemische Analoga handelt. Physiologisch nachweisbar sind die Grundlagen dieser Theorien nicht. Befriedigende Erklärungen psychischer Erscheinungen können sie trotz des grossen Aufwands an Hilfshypothesen nicht geben.

Zweites Kapitel.

Das Residuum besteht in einem dynamischen Erregungsrückstand.

Als nächste Gruppe möchte ich diejenigen Theorien anführen, die von der Annahme ausgehen, dass die Erregung selbst den Reiz überdauert und so als Erregungsrückstand ein Residuum darstellt.

Die erste, der einen Erregungsrückstand annahm, war wohl Griesinger (42), der in seiner Schrift „Über psychische Reflexaktionen" von einem „Tonus des Vorstellungsorganes" spricht (42, S. 13). Im Gehirn bildet sich aus der Masse der zerstreuten und unter sich kombinierten Vorstellungen ein Zustand scheinbarer Ruhe, welcher die Kraft und die Gewohnheit der Richtung der psychischen Bewegung, der Bestrebung reguliert (42, S. 25). „Dies Verhältnis der Summe aller Vorstellungen als eines Ganzen zu der Kraft, Leichtigkeit und Richtung der möglichen Bestrebungen, dieser psychische Tonus wird zum Teil mit dem Wort Gemüt und Charakter bezeichnet". (42, S. 25)

Später kam Luys (56) in seiner Abhandlung: „Das Gehirn, sein Bau und seine Verrichtungen" auf ähnliche Vorstellungen. Er präzisiert den Erregungsrückstand schon als eigentümlichen Schwingungszustand, in dem die Nervenelemente verharren, wenn sie durch centripetale Reize erregt werden. Dieses eigentümliche Verhalten der Neurone nennt er Phosphoreszenz. Die Nervenelemente vibrieren und sammeln äussere Eindrücke,

„sie verharren während eines gewissen Zeitraumes gleichsam in einer vorübergehenden Katalepsie“ (56, S. 128). „Die Elemente der Gehirnsubstanz, die unbewusst die Äusserungen unseres psychisch intellektuellen Lebens hervorbringen, arbeiten ganz still an dem, was sie gemeinschaftlich schaffen. Mit ihren vielfachen Eigentümlichkeiten vereinigen sie sich zu einem gemeinschaftlich auszuführenden Werke, sie korrespondieren miteinander in den mysteriösen Bahnen der Anastomosen, und ohne dass wir etwas davon merken, verwahren sie in ihrer innersten Organisation ausgedehnte Nachklänge von vorübergehenden Erschütterungen“ (56, S. 133). „In den „zentralen Partien“ tritt dieses kataleptische Verharren so scharf charakterisiert und mit einer solchen Bestimmtheit auf, dass man vielleicht sagen darf, die Äusserungen des anatomischen Lebens im Rückenmarke und die psychisch intellektuelle Tätigkeit im Gehirn sind dadurch bedingt“. (56, S. 129).

Einige Andeutungen macht auch Urbantschitsch (71), indem er die Vermutung ausspricht, dass ein unbewusstes Fortwirken der Hirntätigkeit nach einer Sinneseinwirkung im Sinne des gegebenen Impulses nicht auf das Gebiet der Sinneseindrücke beschränkt sei. Wie er sich dieses „unbewusste Fortwirken“ denkt und ob er auch dessen Weiterschreiten auf die Gebiete der Grosshirnrinde annimmt, lässt er uns nicht erkennen.

Ebenfalls einen dynamischen Erregungsrückstand nimmt Ebbecke in seiner Theorie der Dauererregung an. Wegen der Bedeutung und Ausbaufähigkeit dieser Theorie werden wir sie besonders besprechen.

II. Abschnitt.

Die Ebbeckesche Theorie der Dauererregung.

Erstes Kapitel.

Die Grundannahmen der Ebbeckeschen Theorie.

Der erste, der die Vermutung, die Dauererregung der Ganglienzellen stellten die physiologischen Gedächtnisresiduen dar, zu einer wohldurchdachten Theorie ausbaute, war Ulrich Ebbecke (25). Es ist Ebbeckes Grundvorstellung, dass durch

einen Reiz in einer Neuronenkette eine Dauererregung entsteht, mit der er auch die Frage nach dem Gedächtnisresiduum klären zu können glaubt. Er sucht seine Theorie durch Heranziehung von umfangreichem psychiologischem und psychiatrischem Material annehmbar zu machen. Ausgehend von den Nachwirkungen sinnlichen Immediaterinnerns (Purkinjes Nachbilder) — Sinnengedächtnis — praesomnische Bilder (Hypnagoga, Halluzinationen) — Gedächtnisphantasmen, glaubt er auch ferner die Perseverationserscheinungen der Psychiatrie durch die Dauererregung erklären zu können. Für die Erklärung des Gedächtnisses geht er von der Vorstellung aus, dass in einer Neuronenkette durch einen Reiz eine Dauererregung entsteht und diese Kette deshalb auf einen neuen Reiz leichter anspricht weil die neue Erregung sich zu der noch vorhandenen summieren kann. Darauf beruht das Phänomen der „Bahnung". Auch Verworn macht er Zugeständnisse, indem er für die Ausbildung besonders gangbarer Bahnen eine Arbeitshypertrophie der Neurone verantwortlich macht, die sich allerdings erst sekundär entwickeln soll.

Die Dauererregung eines Zellkomplexes wird den Sauerstoff benachbarter Zellkomplexe an sich ziehen; dadurch werden die letzteren Sauerstoffmangel erleiden; ihre Tätigkeit wird gehemmt werden. Jedes Neuron befindet sich also Zeit seines Lebens in einem eigentümlichen Zustand der Dauererregung. Die Stärke der Dauererregung ist jeweils abhängig von der Stärke der Reizanstösse, die ihm von aussen zuteil werden, von der Häufigkeit der Reizungen, von der Zeit, die seit dem letzten Reiz verflossen ist, und von anderen Bedingungen, wie z. B. Ermüdung, Durchblutung des Gehirns und dergl. Aus dieser Vorstellung vom Gedächtnis leitet er auch die Vorgänge des Merkens, Behaltens und Vergessens ab. Die jeweils stärksten Erregungen der höheren Zentren werden bewusst. Eine vorher unterschwellige Erregung kann ins Bewusstsein gelangen

1. durch Verstärkung durch hinzutretende neue Reize,
2. durch Sinken aller übrigen Erregungen.

Die Bewusstseinsschwelle selbst ist verschieblich. Was wir Seele nennen, ist nichts als Wirkungszusammenhang. Jedes Erlebnis wirkt nach und wird ein Bestandteil des Erlebenden.

Es handelt sich hier zweifellos um die modernste und bei weitem durchdachteste Theorie der physiologischen Korrelate des Seelenlebens.

Zweites Kapitel.

Die Einwände gegen die Ebbeckesche Theorie und Ebbeckes Stützungsversuche.

Es wurden jedoch gegen die Ebbeckesche Dauererregung mannigfaltige Einwände gemacht. Man wies darauf hin, dass es ein grosser Unterschied sei, ob die Nachwirkung einer Erregung wie bei den Sinnesorganen nur einige Sekunden oder Minuten anhält oder in der Hirnrinde sich viele Stunden und Tage behaupten soll. So wandte sich Ebbinghaus (26) schon lange vor der Veröffentlichung der Theorie der Dauererregung durch Ebbecke gegen die Auffassung, dass „die physiologische Komponente des psychophysischen Geschehens, die beim Auftreten des Bewusstseinserlebnisses, etwa mit der Intensität X das psychische Geschehen begleitet, nach dem Verschwinden des Bewusstseinsvorganges mit geringerer Intensität Y fortdauere, bis durch irgendwelche Umstände seine Intensität wieder auf X erhöht und damit das Wiederauftreten des psychischen Prozesses bedingt wird. Die nervösen Prozesse können sich so nicht verhalten. Sie kommen und vergehen, und wenn sie nach kurzer Zeit abgeklungen sind, ist es vorbei und aus mit ihnen". (26, S. 55). „Die nervösen Erregungen sind nichts Bleibendes und Beständiges. Von den Zellen und Fasern, in denen sie zurzeit durch äussere Reize hervorgerufen werden, strahlen sie sogleich aus auf andere Elemente, von diesen wieder auf andere, schliesslich münden sie in irgendwelchen Bewegungsorganen und sind vorüber". (26, S. 711). Ebbecke sucht diesem Einwand zu begegnen, indem er ein Analogon ausserhalb des psychophysischen Gebietes für einen anderen Erregungsablauf sucht, das seinen gesamten Anschauungen zugrunde liegt. Er weist auf die lokale vasomotorische Zellreaktion hin, deren grundsätzliche Ähnlichkeit mit einer zentralen Dauererregung er darlegt. Wie er selbst zugibt, handelt es sich dabei aber um Gedankensprünge, wenn er die Hautrötung und die illusionären Sinnestäuschungen als auf denselben Prinzipien beruhend bezeichnet. Als Beweismittel macht Ebbecke dann noch auf die

oben schon besprochene Erscheinung der Summation und Nachentladung aufmerksam. Er weist darauf hin (S. 190), dass auch Sherrington in seinem Buche „The integrative action of nervous system", London 1910, in dem Abschnitt über Nachentladung (S. 26—35) zu der Ansicht kommt, dass eine lange Nachentladung die Eigentümlichkeit ist, durch welche sich der Mechanismus einer Reflexleitung am allgemeinsten von einer Nervenleitung unterscheidet (25, S. 190). Diese Beweise, die Ebbecke zur Stützung seiner Theorie anführt, sind nach meiner Ansicht nicht genügend. Es wird zunächst unsere Aufgabe sein zu untersuchen, in wieweit sie mit unseren neuesten Anschauungen über die ihr zugrunde liegenden Phänomene übereinstimmt, und ob sich Stützen aus diesen neuesten Forschungen für die Theorie ergeben. Erst darnach wird es unsere Aufgabe sein zu untersuchen, was die Theorie leistet im Sinne ihrer Aufgabe, psychische Anläufe, insbesondere die Reproduktion aufgrund einer Assoziation, zu erklären.

Drittes Kapitel.

Die Stützung der Ebbeckeschen Theorie durch neuere Ergebnisse der Physiologie.

1. Erregbarkeitssteigerung oder Erregungsrückstand?

Prinzipielle Bedeutung für die Theorien von den physiologischen Korrelaten des Gedächtnisses, besonders für die Stellung der Ebbeckeschen Theorie, hat die Beantwortung der Frage, ob den zentralnervösen Funktionsweisen, insbesondere dem Phänomen der Bahnung und Summation, eine Erregbarkeitssteigerung oder ein Erregungsrückstand zugrunde liegt. Die Annahme einer Erregbarkeitssteigerung wird insbesondere von Lucas vertreten (54, 55). Er verwendet die Erregbarkeitssteigerung nicht in irgendeiner Form für die Klärung der Frage des physiologischen Korrelates des Gedächtnisses, sondern möchte damit nur das auffällige Phänomen der zentralnervösen Summation erklären. Für uns ist an dieser Stelle seine Auffassung wichtig, weil im Anschluss an die von Lucas geäusserten Ansicht zahlreiche moderne Physiologen zu der Alternative „Erregbarkeitssteigerung oder Erregungsrückstand" Stellung genommen haben. Lucas sieht die Erregbarkeitssteigerung als Ursache einer Summation an. Diese

Anschauung von Lucas stützt sich darauf, dass im Nerven nach einem Erregungsablauf auf eine Periode der Untererregbarkeit ein Stadium gesteigerter Erregbarkeit, die sog. supernormale Phase nachzuweisen ist, und eine nachfolgende Erregung so günstigere Verhältnisse zum Weiterdringen vorfindet.

Gegen die Lucas'sche Theorie hat Matthaei (57) eingewandt, dass auf diese Weise manche komplizierten Erscheinungen nicht erklärbar seien.

Der stichhaltigste Einwand ist aber wohl derjenige Bremers (16). Er stellte fest, dass beim peripheren Nerv-Muskelpräparat, das Lucas zu seinen Untersuchungen verwendet hatte, das Optimum der Summation gar nicht dann vorhanden ist, wenn der zweite Reiz in einem solchen Abstande folgt, dass er in die supernormale Phase des ersten Reizes fällt, sondern dann, wenn er sich in der relativen Refraktärperiode des ersteren befindet. Selbstverständlich ist dieses Ergebnis für die Frage nach der Natur des physischen Korrelates des Gedächtnisses nicht als unbedingt entscheidend anzusehen; es schliesst aber doch eine sehr grosse Wahrscheinlichkeit ein, dass auch die übrigen zentralnervösen Vorgänge nicht auf Erregungssteigerung, sondern auf Erregungsfortdauer im Sinne eines dynamischen Rückstandes beruhen. Insofern stellen diese Ergebnisse eine gute Stütze der Ebbeckeschen Theorie dar. Die Alternative „Erregbarkeitssteigerung oder Erregungsrückstand" ist also zugunsten des letzteren zu entscheiden.

2. Die Frage nach der Art des Erregungsrückstandes.

Der Streit um die Lösung der Frage „Erregbarkeitssteigerung oder Erregungsrückstand" hat sich, wie wir gesehen haben, zugunsten der Annahme eines Erregungsrückstandes entschieden. Die neueste physiologische Forschung führt die Summation sowohl gleichartiger wie verschiedenartiger nervöser Erregungen auf das zeitweise Bestehenbleiben eines Erregungsrückstandes zurück.

Jedoch gehen die Ansichten über die Art des Rückstandes weit auseinander, da diese Frage nicht der experimentellen physiologischen Forschung zugänglich ist, sondern nur spekulativ behandelt werden kann; für Ebbecke bedeuten aber diese Ergebnisse moderner physiologischer Forschung sehr viel, zumal da von amerikanischen und englischen Forschern Ansichten vertreten werden, die der seinigen sehr nahe kommen.

Der Ebbeckeschen Dauererregung entspricht der „central excitatory state“ der englischen und amerikanischen Autoren, den man sich mit dem zeitlichen Bestehenbleiben eines irgendwie gearteten Erregungsrückstandes erklärt. Nachdem sich viele Forscher — Matthaei (57), Lapique (48, 49), Forbes (34), Sherrington (67, 68) — zu dieser Ansicht bekannt haben, darf sich die Diskussion auf die Behandlung der Frage nach der Natur und Lokalisation des zentralen Erregungszustandes beschränken.

Die Ansichten über diese Fragen gehen naturgemäss aus den oben erwähnten Gründen noch weitgehend auseinander. So glaubt Fulton (35), dass jeder Erregungsimpuls eine bestimmte Menge eines Erregungsstoffes einer chemischen Substanz produziere, die sich mit anderen, an benachbarten Stellen durch andere Impulse gebildeten Mengen verbindet. Forbes, Davis und Lambert (34) neigen der Ansicht zu, dass die Erregungen sich summieren durch einen Prozess, wie ihn Levin (48) bei Crustaceennerven als „retention of action current“ oder Gasser und Erlanger (36) als „negative after potentiel“ bei Wirbeltiernerven beobachtet hatten. Adrian und Bronk (2) nehmen eine in der Gegend der Synapse produzierte chemische Substanz an.

Auch Sherrington (20) dachte anfänglich an die Bildung einer chemischen Substanz in der Form chemischer Reizstoffe, deren Konzentration von der Frequenz der Erregungen abhängen sollte. Er hat diese Ansicht heute aber aufgegeben (27, 28, 29) und neigt mehr der Auffassung zu, dass es sich um einen physikalisch-chemischen Vorgang handelt, nämlich um eine partielle Depolarisation der elektrisch polarisierten Membran, die nach unseren heutigen Vorstellungen jedes erregbare Gebilde umgibt. Er geht dabei von Ansichten aus, die in der Membrantheorie von Bernstein 1912 (13), Lillie 1922 (52) und Höber (47) vertreten wird. Es handelt sich bei diesen Theorien um Membranen, wie sie an pflanzlichen und tierischen Zellen nachgewiesen und die semipermeabler Natur sind. Diese halbdurchlässigen Membranen haben Lücken, durch die, rein mechanisch bedingt, kleinere Jonen hindurchwandern können, während die grösseren zurückgehalten werden. So wandern die positiv geladenen Faradayschen Kationen durch die Membran hindurch und werden von den negativ geladenen Anionen, die die engen Lücken der halbdurchlässigen Membran infolge ihrer

Grösse nicht durchschreiten können, an der Oberfläche der Membran durch elektrische Bindung zurückgehalten. Kommt es zu einem Erregungszustand innerhalb der Zelle usw., so nimmt die Durchlässigkeit der Membran zu, ihre Lücken werden grösser, und nun können auch die rein mechanisch zurückgehaltenen Anionen hindurchtreten und es kommt so durch sie zu einer negativen Ladung der Oberfläche der Membran.

Wie R. Höber (47) anschaulich ausführt, verhält sich jede Zelle im Moment der Betätigung so, wie wenn ihre Plasmahaut ein Loch hätte, das sich beim Übergang in Ruhe von selbst wieder schliesst. Es ist nun in der Tat auch experimentell erwiesen, dass die Erregung mit einer Erhöhung der Zelldurchlässigkeit verbunden ist. *)

Diese Auffassung von Sherrington hat nun durch die neuesten Untersuchungen der am ZNS zu beochtenden bioelektrischen Erscheinungen eine Stütze erhalten. Würde eine solche Depolarisationsmembran an den Neuronen des Grosshirns gebildet werden, so müssten dadurch Ströme entstehen, die mittels eines Galvanometers zu registrieren möglich sein müsste. Wenn man mit Ebbecke eine Dauererregung der Grosshirnneurone annimmt, so müsste man fordern, dass dauernd vom Grosshirn Ströme abgeleitet werden können, da ja dauernd eine Potentialdifferenz vorhanden ist. Tatsächlich gelang es schon Caton (23), Beck (5) und Fleischl von Marxow (32), bei peripheren Sinnesreizen negative Stromschwankungen vom Gehirn abzuleiten. Beck (5) machte dabei die wichtige Feststellung, dass, wenn man zwei beliebige Punkte der Grosshirnrindenoberfläche miteinander verbindet, ständig ein an Stärke wechselnder Strom vorhanden ist, der unabhängig von den Bewegungen des Versuchstieres sei.

1929 veröffentlichte Hans Berger erstmals Arbeiten über Untersuchungen der elektrischen Erscheinungen der Grosshirnrinde des Menschen. Da sie für unsere Frage wichtiges Material enthalten, möchte ich hier kürz darauf eingehen. (6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13.)

Die Beweisführung von Hans Berger lässt wohl die Tatsache als gesichert erscheinen, dass die abgeleiteten Strom-

*) So Prof. P. Hoffmann in seiner Vorlesung über Physiologie des Nervensystems und der Sinnesorgane. (Vgl. 51, S. 32).

schwankungen im Grosshirn und speziell in der Grosshirndrinde ihre Geburtsstätte haben. Berger bezeichnet die abgeleiteten Ströme als Elektrenkephalogramm (EEG) des Menschen und hält die hier zutage tretenden elektrischen Erscheinungen für Begleiterscheinungen der eigentlichen Nervenprozesse. Bei den abgeleiteten Strömen handle es sich nicht um Ruheströme, sondern um Aktionsströme; denn wir müssen annehmen, dass das Zentralnervensystem nicht nur im Wachzustand, sondern immer sich in einer nicht unerheblichen Tätigkeit befindet. Dies gilt z. B. von der Rinde, in der ausser den mit Bewusstsein verknüpften Vorgängen noch eine ganze Reihe von anderen Prozessen abläuft. Ja man kann sagen, dass die mit den Bewusstseinserscheinungen verknüpften Vorgänge wohl nur einen kleinen Teil der gesamten Rindenarbeit darstellen. Im EEG lassen sich zwei Wellenarten unterscheiden. Einmal die hochfrequenten α-Wellen und sodann die weniger frequenten, die allgemeinen Lebensprozesse der Neurone begleitenden β-Wellen. Für die α-Wellen nimmt Berger in Anspruch, dass sie Begleiterscheinungen derjenigen materiellen Vorgänge seien, die man als psychophysische bezeichnen müsse, da sie mit Bewusstseinserscheinungen verknüpft seien.

Wie dem auch sei, so ist durch diese Ableitung elektrischer Ströme die Auffassung von Sherrington, dass der Erregungsrückstand in der Depolarisation einer semipermeablen Membran besteht, nahegelegt. Weitere Erkenntnisse in dieser Frage muss die künftige Forschung bringen.

3. Summation, Bahnung und Hemmung.

Summation, Bahnung und Hemmung sind wohl die Grundvorgänge, die bei Erregungsinterferenz in Neuronennetzen abändernd wirken. Bei der grundlegenden Verschiedenheit der Reaktionsweise von Ganglienzelle und Neurit entsteht die Frage, wie ein zentral gelegenes Neuron zu verschieden starken Erregungen veranlasst werden kann, wenn doch die hinzutretenden Nervenfasern stets nur dieselbe maximale Erregungswelle leiten. Denn es fällt jedem, der sich mit den zentralnervösen Reaktionen beschäftigt, auf, dass diese sich unter ganz normalen Verhältnissen verschieden verhalten. Einmal tritt nach schwachem Reiz eine sehr starke zentralnervöse Entladung ein, ein andermal

sind durch starke Reiye nur schwache Reaktionen zu erhalten. Wie dieses Phänomen zustande kommt, ist heute auch noch nicht restlos geklärt. Man kan diese Schwankungen der Erregbarkeit des ZNS wohl in Zusammenhang bringen mit dem Vorangehen einer oder mehrerer zentralnervöser Erregungen und die festgestellten Schwankungen als Interferenzen von Erregungen auffassen. Geht man aber den Interferenzen näher auf den Grund, so kann man feststellen, dass sie auf mancherlei Weise zustande kommen. Dies gilt sowohl für die Summations- und Bahnungs-, wie auch für die Hemmungserscheinungen.

a. Die Summation.

Es ist schon eine alte Erfahrung der Physiologie des ZNS, dass es zu einer starken Steigerung der Wirkung zu kommen pflegt, wenn dem ZNS in kurzen Abständen mehrere schwache sensible Erregungen von irgendeiner Körperstelle zufliessen. Diese Erscheinung nennt man in der Physiologie Summation. Die Physiologie unterscheidet zwei Arten der Summation:

1. die Summation einzeln unwirksamer Reize (Erregungen) zu einer deutlich festzustellenden Wirkung und
2. die Summation untermaximaler Erregungen zu einer Maximalwirkung.

Durch Sherrington und Denny Brown (20) wurde aber festgestellt, dass beiden Arten der Summation dasselbe zugrunde liegt, dass es sich nämlich im zweiten Falle um eine „addition latente" (Bremer) in denjenigen Neuronen des betreffenden Zentrums handelt, deren Reizschwelle so hoch ist, dass sie auf den für die anderen Neurone schon überschwelligen Einzelreiz noch gar nicht ansprechen. Damit ist die Tatsache der Summation unterschwelliger Erregungen zugegeben. Ja, die Physiologie hat festgestellt, dass Summationserscheinungen fast überall im ZNS festzustellen sind. Nach P. Hoffmann geht die Fähigkeit der Summation lediglich dem einfachsten Reflexbogen, demjenigen der Eigenreflexe ab (46). Ja, das ZNS reagiert normalerweise auf Einzelerregungen gar nicht, sondern immer nur auf eine tetanische Folge von sensiblen Erregungen und passt sich so ganz an die normalen Verhältnisse an. Denn wie von Adrian (1,2) und seinen Schülern festgestellt wurde, durchläuft bei allen dem ZNS zufliessenden Erregungen das einzelne Nervenelement

immer eine Serie von kurz aufeinanderfolgenden Einzelerregungen. Besonders wichtig ist für uns die Frage nach der geringsten Reizfrequenz, bei welcher eben noch eine Summation nachweisbar ist bezw. die Frage der Dauer der die Summation verursachenden Zustandsänderung der Neurone des ZNS. Für das Rückenmark wurden von Stirling (70) durch Beobachtung des Beugereflexes Werte von ca. 1 Sek. gefunden. Dieses Resultat scheint auch allgemein als annähernd richtig anerkannt zu sein. Für alle bisher daraufhin untersuchten höheren Teile des ZNS wurden von Graham Brown im Tierversuch Summationszeiten von sicher über 15 Sek. gefunden unter den ungünstigsten Bedingungen der Narkose (21.) Es bestehen also doch quantitative Unterschiede in der Reaktionsweise des Rückenmarkes und der höheren Teile des ZNS. Allerdings sind die gefundenen Werte zu klein, als dass im Sinne Ebbeckes von einer Dauererregung der Neurone in den höheren Teilen des ZNS gesprochen werden könnte. Die Narkose dürfte wohl die Dauererregungen im Sinne einer Abschwächung beeinflussen, aber nicht aufheben oder so abschwächen, dass sie für die Summation keine Bedeutung mehr hätten. Andererseits bedeuten diese Feststellungen auch keine Widerlegung der Ebbeckeschen Theorie der Dauererregung, vielmehr zeigen sie, dass bei der Übertragung der aus der Rückenmarksuntersuchung gewonnenen Erkenntnisse auf die Funktionsweise der höheren Teile des ZNS oder gar der Grosshirnrinde grösste Zurückhaltung geübt werden muss. Die Ebbeckesche Theorie erhält durch diese Ergebnisse keine Stütze, sie kann dadurch aber auch nicht widerlegt werden.

b. Bahnung und Hemmung.

Bei vielen Autoren sieht man die Verwendung der Bezeichnungen Bahnung und Summation nicht unterschieden. Immerhin ist in der Physiologie der Ausdruck Bahnung in allen denjenigen Fällen gebräuchlich, in denen die aufeinander wirkenden Erregungen ganz verschiedenen Teilen des ZNS entstammen. Die Psychiatrie und Neurologie arbeitet viel mit dem Begriff der Bahnung, und man bezeichnet hier als Bahnungen vor allem diejenigen Fälle, in welchen für sich allein unterschwellige oder nur schwache spinale Reaktionen unter dem Einfluss von höheren Zentren, dem Grosshirn usw. ausgehenden

Erregungen überschwellig bezw. maximal werden. Die neurologischen Kunstgriffe zur besseren Auslösung des Patellarreflexes oder anderer Reflexe beruhen auf einer Bahnung dieser Reflexe durch eine willkürliche Erregung. Was schliesslich die Grosshirnrinde angeht, so war es schon Exner (31) bekannt, dass nicht nur deren Reizung einen spinalen Reflex bahnen kann, sondern auch umgekehrt. Der Erfolg der Hirnrindenreizung hängt ganz wesentlich vom Spannungszustande des untersuchten Muskels ab, dessen zentripetale Impulse den zentrifugalen Willkürimpuls bahnen. Ein Reflex kann nicht nur durch eine Willkürinnervation, sondern noch durch alle möglichen anderen Erregungen gebahnt werden. Von diesen wären zu nennen eine Bahnung des Patellarreflexes durch tiefes Einatmen. Auf Einzelheiten und Unterschiede bei den verschiedenen Reflexen einzugehen, ist nicht unsere Aufgabe. Als Grundlage dieses Phänomens der Bahnung wird von Sherrington auch die Existenz eines länger dauernden, langsam abklingenden Erregungszustandes verantwortlich gemacht, auf welchen sich dann die nachfolgende Erregung addiert. Es können für diese Annahme dieselben schon bei der Summation besprochenen Argumente vorgebracht werden Für das Verständnis zusammengesetzter zentraler Vorgänge sind die Erscheinungen der gegenseitigen Hemmung und Verstärkung von Erregungen sehr bedeutsam, die auch bei den Reflexen eine Rolle spielen, vor allen Dingen bei der Wirkung des Grosshirns auf subcorticale Vorgänge. Der Effekt einer Reizung kann durch eine zweite Reizung geschwächt oder gar aufgehoben werden. Als Beispiel diene der Golz'sche „Quakversuch" am grosshirnlosen Froschmännchen. Dieses wird durch sanftes Streicheln des Rückens zu reflektorischem Quaken bestimmt; wenn man aber zugleich die hintere Extremität des Tieres kneift, so bleibt der Reflex aus. Vom Grosshirn aus können die durch subkortikale Vermittlung zustande kommenden Reflexe gehemmt werden. Wenn z. B. manche Fische immer reflektorisch nach der Angel schnappen, ein junger Vogel aber nur einmal ein stechendes oder widerlich schmeckendes Insekt angreift, so zeigt sich in diesem verschiedenen Verhalten die Bedeutung des Grosshirns. Nachdem der mit entwickeltem Grosshirn ausgestattete Vogel bei der Ausübung des reflektorischen Pickens nach dem Insekt böse Erfahrungen gemacht hat, erfolgt fernerhin der Reflex nicht mehr; er wird vom Grosshirn her

gehemmt". (3, S. 63). Vermöge des Grosshirns können die Reflexe aufgrund der gewonnenen Erfahrung den neuen Bedingungen angepasst, d. h. modifiziert werden, aufgrund des Gedächtnisses. Für unsere Theorien hat diese Frage nach der Hemmung insofern Bedeutung, als sie mit dem Problem der Enge des Bewusstseins zusammenhängt. Die Enge des Bewusstseins ist der Grund, warum nicht alle mit einem gegenwärtig aktivierten Residuum assoziativ zusammenhängenden Residuum so aktiviert werden, dass die Inhalte die Bewustseinsschwelle überschreiten.

Die physiologische Natur der Hemmung ist noch umstritten, besonders auch deshalb, weil man vielerlei Dinge mit demselben Namen der Hemmung bezeichnet. Besonders häufig wird Hemmung mit Ermüdung verwechselt. Bei der Wahl einer dieser beiden Bezeichnungen sollte man streng genommen so vorgehen, dass man von Ermüdung immer nur dann redet, wenn der Zustand vorübergehender Leistungsverminderung die Folge einer vorangegangenen Arbeitsleistung bildet. Bei der Benennung als Hemmung sollte man dagegen fordern, dass die Leistungsverminderung von einer vorangehenden Entladung unabhängig ist, dass sie z. B. auch in Neuronen nachweisbar ist, die sich auf eine Erregung hin nicht entladen haben, sondern nur unterschwellig erregt wurden. Dies konnten nun Eccles und Sherrington (27, 28, 29) zeigen. Ihr Untersuchungsobjekt war der Beugereflex. Sie kamen dabei zur Auffassung, dass Hemmung durch die Ausbildung eines besonderen Hemmungszustandes zustande komme. Seit nun durch die Entdeckung des Vagusstoffes durch Loewi der Vorgang der peripheren Hemmung in diesem Spezialfalle aufgeklärt ist, liegt nahe, auch intrazentrale Hemmungen auf die Wirkung spezifischer Hemmungsstoffe zurückzuführen. Dieser Hemmungszustand wird nun von den Autoren dem oben erwähnten Erregungszustand gegenübergestellt, auf dessen Ausbildung nach ihrer Auffassung die Summation zurückzuführen ist. Auch ihre spezielle Vorstellung von der Natur dieses Hemmungszustandes ist analog der Vorstellung von der Natur des Erregungszustandes. Während sie, wie oben erwähnt, den letzteren auf eine physikalisch-chemische Zustandsänderung, und zwar auf eine Depolarisation der Zellgrenzschichten zurückführen, legen sie dem Hemmungszustande die entgegengesetzte Veränderung, also eine Verstärkung der Membranpolarisation zugrunde.

Für die Ebbeckesche Theorie bringt das Phänomen der Bahnung und Hemmung nichts wesentlich Neues, besonders auch deshalb nicht, weil Ebbecke eine ganz andere Auffassung von Hemmung hat, die er auf Sauerstoffentzug zurückführt. Unsere Ausführungen zeigen aber, dass auch hierin die Forschungsergebnisse durchaus mit den Grundvorstellungen der Ebbeckeschen Theorie der Dauererregung in Einklang stehen und die Ebbeckesche Theorie insofern auch durch sie eine Stützung erfährt.

4. Das Elektrenkephalogramm.

Die grösste Stütze dürfte die Ebbeckesche Theorie jedoch von den Arbeiten Hans Bergers (6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13) bekommen. Wie oben schon erwähnt, glaubt Berger, dass die von ihm gefundenen α-Wellen seines EEG Begleiterscheinungen derjenigen materiellen Prozesse seien, die man als psychophysische bezeichnen müsste, da sie mit Bewusstsein verbunden seien.*) Berger stützt diese Annahme auf folgende Gründe. An den Alpha-Wellen zeigt sich ein periodisches An- und Abschwellen, wobei die Periode zeitlich den der experimentellen Psychologie als Aufmerksamkeitsschwankungen bekannten Erscheinungen entspricht. Jede Fesselung der Aufmerksamkeit oder eine geistige Arbeit geht mit einem vorübergehenden Aussetzen oder einem dauernden Niedrigwerden der Alpha-Wellen einher. Diese Erscheinungen glaubt Berger am ungezwungensten als Hemmungswirkungen eines Arbeitszentrums auf alle gleichzeitigen psychophysischen Vorgänge erklären zu können. Gifte wie Kokain, die in der Tat eine gewisse Zunahme der psychischen Ansprechbarkeit erkennen lassen, bewirken eine Zunahme der Höhe der Alpha-Wellen; dasselbe zeigt sich auch im Excitationsstadium der Narkose. Pharmakologische Mittel, welche die psychischen Vorgänge ausschalten, wie Scopolamin oder vor allem die Chloroformnarkose, bedingen ein Wegfallen der Alpha-Wellen. Namentlich bei der letzteren zeigt sich zwischen der Tiefe der Narkose und dem Wegfall der Alpha-Wellen ein Parallelismus, der sich besonders beim Erwachen

*) Die β-Wellen entsprechen den Lebensäusserungen des Gehirngewebes und sind immer da vorhanden, wo vom lebenden Gehirngewebe abgeleitet wird.

aus der Narkose nachweisen lässt. Im normalen Schlaf schwinden die Alpha-Wellen nicht, werden aber niedriger, ganz entsprechend unserer Vorstellung und Annahme, dass die psychophysischen Vorgänge im Schlafe keineswegs erloschen sind, wie das die Traumerscheinungen unzweideutig darlegen. In pathologischen Zuständen, z. B. bei einer Kommotionspsychose, aber vielleicht noch einwandfreier bei einer schweren epileptischen Demenz mit ausgesprochener Verlangsamung aller psychischen Vorgänge, ergibt sich eine unverkennbare Veränderung dieser Alpha-Wellen. Wie die Kurven zeigen, fallen in der Bewusstlosigkeit eines grossen epileptischen Anfalles die Alpha-Wellen ebenfalls weg und stellen sich ganz entsprechend dem allmählichen Wiedererwachen der Bewusstseinserscheinungen allmählich wieder ein. Die Veränderungen des EEG bei Einwirkung von Sinnesreizen treten nur dann ein, wenn die Versuchsperson vorher nicht schon abgelenkt ist und wirklich dem Sinnesreiz die Aufmerksamkeit zugewendet wird. Es dürfte also m. E. nicht der Sinnesreiz als solcher sein, sondern lediglich das Hinwenden der Aufmerksamkeit, was im Ablauf der Kurve die Veränderung setzt. Dies wird dadurch nicht widerlegt, dass bei Schmerzen ebenfalls eine Veränderung am EEG beobachtet wurde; es kann dies wohl dadurch hervorgerufen sein, dass die Schmerzen die Aufmerksamkeit immer wieder auf sich lenken. Im Tierexperiment wurden von Beck und Fleischl v. Marxow etwas andere Resultate gefunden: Diese Forscher bekamen bei Inanspruchnahme der zugehörigen Sinnesorgane einen Ausschlag am Galvanometer z. B. bei Belichtung des Auges einen Ausschlag im Bereich einer Sehspäre. Berger glaubt den Unterschied darauf zurückführen zu können, dass er vom Schädel als Ganzem die Aktionsströme ableitet und keineswegs von einem umschriebenen Sinneszentrum. Die Sinneszentren seien beim Menschen nur unzulänglich zu erreichen. Es handle sich also bei den Veränderungen des EEG offenbar nur um Fernwirkungen des Reizes auf andere Rindengebiete. Dies dürfte so zu erklären sein, dass im Bereich des Sinneszentrums, das in Anspruch genommen wird, ein vermehrter Umsatz stattfindet, der eine Hemmungswirkung auf die gesamte übrige Rinde ausübt. Es ist aber m. E. nicht einzusehen, warum nicht einmal ein solches Arbeitszentrum unmittelbar

festgestellt werden kann, sondern dass man immer nur auf dessen Fernwirkung stösst!*

Berger sieht also in dem Kurvenabfall bei peripherer Reizung eine Hemmungswirkung, die von dem örtlichen Arbeitszentrum in der Hirnrinde ausgeht. Er weist dabei auf W. Wundt hin (80, S. 320), der die Hemmungsvorgänge im ZNS als das Wesentlichste für die physiologische Deutung der Erscheinungen der Aufmerksamkeit bezeichnet hat. Wundt nahm an, dass durch Erregungen, die dem von ihm im Stirnhirn vermuteten Apperzeptionszentrum zugeführt werden, Hemmungswirkungen ausgelöst werden. In seinem hypothetischen Schema des Apperzeptionszentrums spielen hemmende Fasern eine ganz wesentliche Rolle.**) Berger weist dann besonders noch auf die Meinung Wundts hin, dass dann, wenn ein grosser Teil des Zentralorgans infolge hemmender Einwirkungen in einem Zustand funktioneller Latenz sich befinde, die Erregbarkeit des funktionierenden Restes für die ihm zufliessenden Reize gesteigert sei. Als physiologische Grundlage dieses „Gesetzes", wie es Wundt nennt, könne eine doppelte Wechselwirkung angenommen werden, eine neurodynamische und eine vasomotorische; die letztere komme später hinzu. Berger stellt heraus, dass die von ihm bei Einwirkung eines Sinnesreizes am EEG festgestellte Veränderung eine neurodynamische sei, und zwar komme darin eine hemmende Wirkung zum Ausdruck. Die Schnelligkeit der eintretenden Veränderung spreche gegen eine vasomotorische Veränderung.

Mit der von uns erläuterten Membrantheorie der Hemmung, die heute von vielen Forschern anerkannt ist, würde diese Anschauung nicht gut in Einklang zu bringen sein. Welcher Art müsste denn der hemmende Einfluss sein, der aktiv auf die

*) Bei der Mannigfaltigkeit der Orte der Grosshirnoberfläche, von denen Berger Ableitungen machte, müsste die Elektrode doch einmal ein Sinneszentrum berührt haben und so ein Ausschlag registriert werden können. Da noch bei keiner der vorgenommenen Ableitungen ein solcher festgestellt wurde, lässt sich bezweifeln, ob die abgeleiteten Ströme bei der Tier- sowie Menschengrosshirnrinde der Ausdruck desselben materiellen Vorganges darstellen.

**) Die Frage nach der Existenz intrazentraler, reiner Hemmungsbahnen ist noch nicht gelöst. Von den meisten Physiologen, z. B. auch von Ebbecke, wird die Annahme spezifischer Hemmungszentren und von ihnen ausgehender Hemmungsbahnen abgelehnt.

ganze Grosshirnrinde einen hemmenden Einfluss ausübt und überall eine Verstärkung der Membranpolarisation bewirkt? Ferner wäre der Einwand zu machen, warum sich dieser aktive Hemmungsvorgang nicht auch im EEG, aber im Sinne eines Ausschlages, also einer Erhöhung der α-Wellen geltend macht; denn diese Hemmungsfunktion wäre ja eine irgendwie geartete aktive Ausstrahlung des Arbeitszentrums. Viel wahrscheinlicher und näherliegend ist m. E. eine Erklärung, die besagt, dass durch die gesteigerte Tätigkeit des Arbeitszentrums der übrigen Grosshirnrinde Energie entzogen wird. Es würde sich dann um eine Hemmung durch Energieentzug handeln. So wäre der Abfall, der im EEG zu erkennen ist, besser erklärt.

Es lässt sich überhaupt darüber streiten, ob nicht der im EEG beobachtete Spannungsabfall nur einen Energieverbrauch gleich welcher Art ausdrückt, und die Aufmerksamkeit erst eine sekundäre Rolle spielt. Dies zeigt sich z. B. auch bei der Betrachtung der Veränderung des EEG bei geistiger Arbeit. Aus zahlreichen Aufnahmen während der geistigen Arbeit hat Berger den Eindruck gewonnen, dass der Grad der geistigen Arbeit und Anstrengung, der die Erledigung der gestellten Aufgaben erfordert und der doch je nach der Übung und Vorbildung der Versuchsperson sehr verschieden ist, in der Höhe des Spannungsabfalles auch zum Ausdruck kommt. Er erklärt die Veränderung des EEG bei einer geistigen Arbeit wieder damit, dass es sich dabei ebenfalls um eine Anspannung der Aufmerksamkeit handle. Er fasst die ganze Erscheinung des Spannungsabfalles wieder als Hemmungswirkung auf, die von dem oder den bei der geistigen Arbeit in Anspruch genommenen Zentren auf die übrige Hirnrinde ausgeübt wird. Nach dem Aussetzen der örtlichen Arbeit tritt wieder die Rinde im ganzen in ihre mehr oder minder ausgesprochene Tätigkeit ein.

Es ist nun aber von der Physiologie als sehr wahrscheinlich anerkannt, dass die geistige Arbeit (z. B. Rechenaufgaben usw.) nicht das Produkt einer lokal eng begrenzten Hirnstelle ist, sondern dass es sich bei geistiger Arbeit als komplexen Vorgang um eine Arbeitsleistung zum mindest ausgedehnter Hirnteile handeln muss. Es ist so sehr unwahrscheinlich, dass die registrierte Veränderung des EEG im Sinne eines Spannungsabfalles den Grund in einer von einem Arbeitszentrum ausstrahlenden Hemmungswirkung hat. Vielmehr muss

es nach der ganzen Sachlage für wahrscheinlich gelten, dass es sich um einen Energieentzug handelt. Berger gibt ja selbst auch die Möglichkeit einer anderen Auffassung der Vorgänge zu. So wäre z. B. bei dem Beispiele des starken Spannungsabfalles bei einem grossen epileptischen Anfall auch eine andere Deutung möglich. Berger führt diesen Spannungsabfall auf die Bewusstlosigkeit zurück und auf das Fehlen der „psychophysischen d. h. mit Bewusstsein verbundenen Erscheinungen". Man könnte ebensogut annehmen, dass infolge des Anfalles eine Verausgabung der Energie der motorischen Region stattgefunden hat und dass diesen Regionen zuerst wieder Energie, vielleicht in Form peripher kommender zentripetaler Impulse zugeführt würde. Dass dadurch auch ein allmählicher Spannungsanstieg im E E G sich bemerkbar macht, ist möglich. Die Erholungsphase des E E G soll nach Berger der Wiederkehr des Bewusstseins analog erfolgen. Es ist aber bis heute noch keinem Physiologen gelungen, eindeutig festzustellen, wann die Versuchsperson das Bewusstsein wieder erreicht hat und wann es sich nicht mehr um komplizierte Reflexe handelt. Die Möglichkeit dieser Erklärung ist umsomehr gegeben, als durch die Physiologie heute eindeutig festgestellt ist, dass dem Gehirn und auch der Grosshirnrinde ständig eine ungeheure Menge sensibler Impulse zuläuft, die so zur Ergänzung der zentral verbrauchten Energie dienen könnten, zumal da die Fähigkeit des ZNS, zugeleitete Erregungen spezifisch umzuformen, erkannt ist. Auch durch Schlaf findet eine Ergänzung der verbrauchten Energie wahrscheinlich statt. Das ZNS besitzt eine ganz ausgeprägte Tendenz zur Erregungsumformung der Art, dass es die ihm zugeleiteten Einzelerregungen nicht einfach wieder mit ebensolchen Einzelerregungen beantwortet, sondern dass es sie zu mehr oder minder langdauernden Entladungen von tetanischer Form umgestaltet. Diese Tatsache muss festgehalten werden, auch wenn man alle anderen Ursachen einer tetanischen Entladung gebührend berücksichtigt. Eine unserer Ansicht entsprechende Auffassung von den energetischen Verschiebungen innerhalb des Grosshirns hat auch der bekannte Pariser Chemiker Armand Gautier, der sich auch viel mit biologischen Fragen beschäftigt hat. Er äusserte sich folgendermassen: „Il faudrait montrer, ou bien que les phénomènes psychiques ne peuvent plus apparaître qu'en faisant disparaître

une quantité proportionelle de l'énergie, cinétique ou potentielle . .“ „le cerveau devrait se refroidir ou son potentiel électrique baisser“.*)

Besondere Bedeutung für die Behandlung dieses Problems hat die Frage nach dem funktionellen Zusammenhang der einzelnen Teile des ZNS. Dass es im ZNS in ausserordentlichem Umfange für die einzelnen Erregungen gemeinsame Strecken gibt, ist erwiesen und allgemein anerkannt. Besonders lebhaft wurde daher in den letzten Jahren die Frage nach dem Ausmass dieser funktionellen Verbundenheit diskutiert. Genauer handelt es sich um die Frage, ob es denn bei einer solchen ausserordentlichen Verknüpfung der einzelnen Teile des ZNS untereinander überhaupt irgend welche lokal bleibende Erregungsvorgänge gibt, oder ob nicht vielmehr, wie dies von mehreren Seiten scharf betont wird, jede Erregung, von wo sie auch ausgehe und wie stark sie auch sei, sich immer über das ganze ZNS ausbreite und dieses beeinflusse. Als Ergebnis der neuesten Untersuchungen kann wohl festgestellt werden, dass es isolierte Partialvorgänge im ZNS nicht gibt. Auch Sherrington (66), der schärfste Gegner der Ubiquität einer Erregung im ZNS, bezeichnet den einzelnen Reflex als eine bequeme, aber künstliche Abstraktion. Ja, er erklärt es als den kardinalen Punkt im Bauplan des Nervensystems der höheren Wirbeltiere, dass die längeren indirekten Reflexbögen, die als Extraschaltungen den kürzeren direkten beigefügt sind, alle durch das Gehirn laufen. Diese, ausser von Sherrington von vielen anderen Forschern vertretene Auffassung von der mehr oder minder weiten Irradiation der Erregungen im ZNS wird nun von den Vertretern der Ganzheitsfunktion lebhaft bekämpft. Aus zahlreichen Versuchen, (ich erwähne hier nur die von Adrian und Bronk, die feststellten, dass bei der Verstärkung der Willkürinnervation immer neue motorische Einheiten in Tätigkeit treten (2) hat sich ergeben, dass die Anschauung, jede, auch die schwächste Erregungswelle durchlaufe das ganze ZNS und jeder Vorgang sei ein Vorgang des Gesamtsystems, eindeutig widerlegt ist. Die Tatsachen zeigen vielmehr, dass die Ausbreitung der Erregung auf immer neue Neurone ein wichtiges Prinzip bei der Abstufung der zentralnervösen Reaktionen darstellt.

Diese Irradiation erklärt auch, warum ein peripherer, zentri-

*) zitiert nach Berger „Über das Elektrenkephalogramm des Menschen“.

petal fliessender Reiz das ganze Grosshirn beinflusst. Entsprechend kann man sich auch die Entstehung der Alpha-Wellen des EEG vorstellen. Berger leitet von zwei unversehrten Stellen der Gehirnoberfläche A und B mit Nadelektroden die Ströme der Grosshirnrinde ab. Befindet sich das Rindengebiet A in einem Zustand der Erregung, so besteht daselbst eine erhöhte Durchlässigkeit der Membran, und es tritt der Zustand einer negativen Ladung ein. An der Stelle B soll zunächst Ruhe herrschen. Es kommt durch diese Erregungsverhältnisse zu einem Ausschlag des angeschlossenen Galvanometers. Tritt nun dann an der Stelle A nach abgeklungener Erregung Ruhe ein, so schwindet hier die negative Ladung. Gleichzeitig mögen aber die Elemente der Stelle B sich in Erregung befinden. Dadurch macht sich ein entgegengesetzter Strom im Galvanometer geltend. So kann man sich die Entstehung der zweiphasischen Stromschwankungen, wie sie sich im EEG zeigen, erklärlich machen.

Auf alle Fälle legen uns die Untersuchungen von Berger die Annahme einer Dauererregung im Gehirn als Ursache des EEG sehr nahe und insofern bieten sie der Ebbeckeschen Theorie eine wichtige Stütze.

5. Dauererregung und psychische Erscheinungen mit besonderer Berücksichtigung der Ebbeckeschen Ansicht vom Gedächtnis.

Es ist unsere Aufgabe, zu sehen, wie Ebbecke diese Dauererregung zu den Erscheinungen des Seelenlebens, insbesondere zum Gedächtnis in Beziehung setzt und wie sich seine physiologischen Erklärungen des Seelenlebens darauf aufbauen (25).

Eine besondere Rolle spielen in seinen Erklärungen die Assoziationen. Assozierte Komplexe können zusammentreten zu Assoziationskomplexen höherer Ordnung. „Nehmen wir nun den schematischen Einzelfall, dass eine kinästhetische Erregung x und eine motorische y durch ein Neuron (oder durch eine Neuronengruppe) (x, y) verbunden seien, welche Verbindung als primitivste Rindenassoziation geschildert war. Ist a sensibel oder motorisch? Sicher gerät a, indem es leitet, auch selbst in Erregung. Da jede Rindenerregung nur das konsequente Zeichen für einen Vorgang ist, der an sich ganz andersartig sein kann und die Bewusstheit als Signal dafür, dass eine bestimmte Wir-

kung von anders woher eingewirkt hat, so ist der Bewusstseinswert von a oder einer a-Gruppe das Symbol eines Symbols, von einer Bewegung und einer Bewegungsempfindung gleichweit entfernt: eine Bewegungsvorstellung. Die Erregung von a ist ideomotorisch" (25, S, S. 68). „Dies ist das Schema einer ideomotorischen Erregung, die im Bewusstsein eine Bewegungsvorstellung bedeutet". „Kommt hinzu eine taktile Erregung (A), die mit der kinästhetischen und motorischen Erregung häufig gleichzeitig, häufiger aber noch mit der nur ideomotorischen Erregung zusammen vorkommt, und sei B die Verbindung von A mit A, so ist auch B nicht mehr rein sensorisch, und seine Erregung kann als ideomotorisch bezeichnet werden. Ohne sensorisch zu sein, steht sie doch mit dem sensorischen noch im nächsten Zusammenhang. Durch ihr Hinzutreten wird die an sich unräumliche Berührungsempfindung im Bewusstsein lokalisiert. Wir sagten, dass für eine Kugel besonders charakterisch sei die Verbindung einer bestimmten Berührungsempfindung oder Berührungskombination der sie umschliessenen Hand, die nirgends auf spitze Vorsprünge oder stärker drückende Kanten trifft, mit einer bestimmten Bewegungskombination der mit ganz gleichmässigen, nicht sprunghaften Richtungsänderungen ihren Formen entlangleitenden Hand. Eine ganze Gruppe von A-Erregungen und eine ganze Kette von a-Gruppen werden assoziert durch einen b-Komplex B, der ideosensorisch ist. Seine Erregung wird bewusst als Tastbild der Kugel. Auf diese Weise bekommen wir eine Anschauung davon, wieso Assoziation etwas mit Gedächtnis zu tun hat und wie unter Umständen das Tastbild ausgefallen sein kann, ohne dass sowohl die Bewegung wie die Empfindung erheblich gelitten zu haben brauchen. Es genügt schon, wenn nur der Assoziationszusammenhang innerhalb der b-Komplexe gestört ist. Nach der Anzahl unklarer und unnötiger Nebenvorstellungen zu urteilen, die diese Anschauung bei mir zum Wegfall brachte, dient vielleicht auch anderen diese Anschauung zur Erleichterung und zur Klärung des Verständnisses. Wir werden deswegen nicht annehmen, dass „Gedächtnisresiduen", „latente Erinnerungsbilder" in eigenen „Erinnerungszellen" deponiert sind, wie es die viel verbreitete, aber doch wohl etwas grobe Anschauung ist. Sondern die Erregung des B-Komplexes, so oft sie in irgendeiner Weise zustande kommt, bedeutet im Bewusstsein das Tastbild (der Kugel). Nicht dadurch, dass in

besonderen Zellen bestimmte, unbekannte Veränderungen vor sich gehen, werden solche Zellen „Erinnerungsstellen". Sondern allein dadurch, dass sie Verbindung herstellen zwischen Zellen, deren Tätigkeiten mit verschiedenen Vorgängen in der Aussenwelt in gesetzmässiger Beziehung stehen, wird die Erregung dieser Verbindungszellen, die ausserdem sowohl sensorische wie motorische Funktionen haben, im Bewusstsein eine Komponente des Erinnerungsbildes. Dabei kann die Erregung derselben Zelle, je nach der Gruppierung, innerhalb deren sie mitwirkt, bald dieses bald jenes Erinnerungsbild zusammensetzen helfen. Freilich ist das Tastbild einer Kugel noch nicht die Kugel selbst. Die Kugel rollt, mit charakteristischem Geräusch; läuft lange, weil sie wenig Reibung hat; ist eine Billard- oder Kegelkugel, Holzkugel oder Gummiball, und was ist sie gar alles für den Mathematiker! Aber doch ist das Tastbild ein kleiner wesentlicher Bestandteil in dem grossen Erregungskomplex, in welchem bald diese, bald jene Teile in dieser oder jener weiteren Verbindung lebhafter ansprechen". (25, S. 68 ff.) Soweit das Ebbekesche Schema einer ideosensorischen Erregung, die im Bewusstsein eine Partialerinnerung bedeutet. Dieser Erklärung psychischer Erscheinungen eignet zum mindesten grösste Unklarheit. Die Bestimmung des Erregungsmodus des Neurons als ideomotorisch geht weder von physischen noch psychischen Tatsachen aus, sondern stellt eine mythologisch anmutende Spekulation mit nicht einmal hypothetischem Unterbau dar.

Ein besonderes Kapitel widmet E. der ideatorischen Erregung. „Die Veranlassung und der Vorteil dieses Namens liegt zum Teil in dem, was vorhin über die Unzweckmässigkeit des Namens Assoziationszentrum gesagt wurde, der weder diese Gebiete von den anderen zweckmässig scheidet, da Assoziationen im anatomisch-physiologischen Sinne überall im Zentralnervensystem vorkommen, noch die eigentümliche Leistung nur dieser Zentren hervorhebt. Ferner bringt der Name deutlich das allgemeine Grundprinzip der „immanenten Seele" im Gegensatz zur „transzendenten Seele" zum Ausdruck. Gar leicht stellt sich unbemerkt die alte eingewurzelte Anschauung ein, die mit einer Art Doppelerklärung wohl die physiologischen Erregungen auf den assoziativen Bahnen gesetzmässig ablaufen lässt; aber auf diesem Weg kommen sie irgendwo an dem unbekannten Geisterreich der Seele vorbei; treten ein, verschwinden, figurieren sich

als Gedanken, Überlegungen und Entschlüsse, springen schliesslich, vom Willen zurückgehalten, modifiziert oder ganz neu geschaffen, wieder über in das Reich des Körperlichen, um dort gesetzmässig weiterzulaufen und die Muskeln in Bewegung zu setzen. Dem steht der Name „ideatorische Erregungen" entgegen. Es lässt sich also ein Bild der hochzusammengesetzten Erregungskomplexe machen, die bei den Denkvorgängen beteiligt sind, und es wird verständlich, warum die Funktionswirkung der Narkose sich auf diese Vorgänge ähnlich wie auf die niederen Funktionen erstreckt. Von Vorstellungserregungen, Erinnerungserregungen, Gedankenerregungen zu sprechen, sträubt sich das Sprachgefühl. Diese Namen sagen schon zuviel; sie verkoppeln zwei ganz verschiedene, aus unvergleichbaren Erscheinungsreichen des Lebens stammende Vorgänge in einem Wort und erwecken grob-naive Vorstellungen, welche Gedanken wie Drüsensekretionen aus dem „Plasma" hervorgehen lassen." (25, S. 72, 73). „Indem wir so motorische, sensorische, ideomotorische, ideosensorische und ideatorische Erregungen unterscheiden, haben wir eine Nomenklatur, die es ermöglicht, mit den gewohnten psychologischen Begriffen physiologische Begriffe in Einklang zu bringen und damit, wenn die Einzelheiten noch unbekannt sind, eine vorläufige Orientierung zu gewinnen. Läuft die Erregung vom sensorischen Zentrum, so ist der Erfolg noch sehr ähnlich einem Reflex und ist als Einfluss von Bewegungsempfindungen auf Bewegungen verwirklicht. Der Übergang von ideosensorischer zu ideomotorisch-motorischer Erregung verkörpert eine Triebhandlung. Beides sind auch automatische Bewegungen. Der an sich deutliche Gegensatz von willkürlich und unwillkürlich erweist sich ja bei genauer Betrachtung ebenso unzureichend, wie der Gegensatz von bewusst und unbewusst, und wie es die mannigfaltigen Helligkeitsgrade des Bewusstseins gibt, führt auch eine Stufenleiter vom ganz Unwillkürlichen auf der einen Seite zum ganz Willkürlichen auf der anderen Seite. Bei der Beteiligung der ideatorischen Sphäre entstehen überlegte Willens-, Wahl- und Willkürhandlungen. Dabei kann die Erregung entweder von der Peripherie zugeleitet sich in einer reagierenden Handlung ausdrücken oder als spontane Handlung ihren Ausgang vom ideatorischen Bezirk nehmen. Gelangt die Erregung im wesentlichen nicht über das ideatorische Gebiet hinaus, so bleibt es bei den durch Sinneseindrücke

angeregten Gedanken. Hat die Erregungskette Anfang nnd Ende innerhalb der ideatorischen Sphäre, so handelt es sich um reines Denken, wobei die Vorstellungen der motorischen oder sensorischen Seite näher stehen können. Bei Mitklingen der ideosensorischen Erregungen ist eine mit Sinnesvorstellungen operierende Phantasietätigkeit mit dem Denken verbunden. Bei begleitenden ideomotorischen Erregungen nähern sich die Gedanken als Wunsch, Begehren, Ansichten und Pläne der Übersetzung in die mehr ins einzelne gehenden Bewegungsvorstellungen höherer Ordnung und ihrer praktischen Ausführung. Dabei wird die Stärke der allgemeinen Erregungsausbreitung mit den triebmässig entstandenen (Ausdrucks)-Begungen und das Mitsprechen der von den Körperorganen herstammenden und abgleiteten und wieder zu ihnen ausgehenden sympathischen Erregungen den Gefühlston und Affektcharakter bestimmen. Ideomotorisch-motorische Erregungen kommen wohl als stereotype, gewohnheitsmässig wiederkehrende, unzweckmässige Bewegungen oder krankhaft als impulsive Zwangshandlungen vor. Motorische Erregungen sind Krämpfe. Erregungen, die peripher enstanden, sensorisch oder ideosensorisch bleiben, sind Empfindungen, die keinen weiteren Eindruck machen, die Gedanken nicht beschäftigen und unbeachtet bleiben. Erregungen, die im sensorischen Bezirk ihren Ursprung haben, sind Halluzinationen". (26, S. 74/75).

Wenn wir nun wieder den Grundfragen Ebbeckes nachgehen und fragen, worin das Gedächtnisresiduum bestehe, so bekommen wir von ihm folgende Antwort: Die eigentlichen Gedächtnisresiduen sind die ideatorischen Dauererregungen. Ist durch einen vorausgegangenen Reiz in einer Neuronenkette eine Dauererregung entstanden, so wird diese Kette auf einen folgendenden Reiz leichter ansprechen, da sich die neue Erregung zu der noch vorhandenen summieren kann: das ist die Beziehung der Dauererregung zur Bahnung. Für oftmals wiederholte „gewohnte" Tätigkeiten nimmt E. die Ausbildung besonders gangbarer Bahnen aufgrund der Arbeitshypertrophie an und trifft sich hier mit den Vorstellungen Verworns. Die Dauererregung eines Zellkomplexes wird den Sauerstoff benachbarter Zellkomplexe an sich ziehen. Diese letzteren werden daher Sauerstoffmangel erleiden; ihre Tätigkeit wird gehemmt werden.

Mit dieser Annahme sieht er das Problem der zentralen physiologischen Hemmung gelöst. Diese Erklärung der Hemmung

ist aber nicht nur hypothetisch, sondern auch sehr unwahrscheinlich, wie wir noch sehen werden. Er wäre weiter gekommen, wenn er die verbreitetere Ansicht angenommen hätte und die Hemmung auf Interferenz von Reizen zurückgeführt hätte. Jeder Reiz erzeugt eine länger oder kürzer währende unterschwellige Dauererregung.

Die Rolle der Arbeitshypertrophie für das Gedächtnis möchte E. mehr sekundär, sich später entwickelnd, auffassen. „Was hier nur hervorgehoben wird, ist die funktionelle Eigenerregung, in der sich jedes Neuron der ideatorischen Region zeit seines Lebens befindet und die erst mit dem Tode ganz aufhört. Ihre Stärke wechselt je nach der Stärke des Reizstosses, der ihm von aussen zuteil geworden war, nach der Häufigkeit der Reizungen, nach der Zeit, die seit dem letzten Reiz verflossen ist, und nach anderen noch wenig übersehbaren Bedingungen, wie Ermüdung, allgemeiner Kräftezustand, Hirndurchblutungen u. dergl." (25, S. 242). Von den psychophysischen Erregungen werden die jeweils stärksten bewusst. Neben ihnen sind weniger starke Erregungen vorhanden, die ihrerseits zu Bewusstsein kommen können, wenn die stärkeren abgeklungen sind. Das Bewusstwerden ist nur ein relatives, kein absolutes Mass der Erregungsstärke. Stärke und Dauer einer Erregung sind nicht notwendig proportional; es gibt starke, kurzdauernde, sowie schwache, langdauernde Erregungen. Die Dauer einer Erregung kann sich über sehr lange Zeit hinausstrecken, und es gibt Dauererregungen kortikaler Neurone, die auf sensorischem und motorischem Gebiet selten, auf ideatorischem Gebiet überaus häufig sind. Diese bleiben meist unterschwellig, unbewusst oder „unterbewusst", bilden aber die Grundlage, zu der sich andere Erregungen hinzusummieren können. (28, S. 150). Das Subjekt erlebt die Erregungen der Nervenzellen in sich als seine Bewusstseinsvorgänge. Die jeweils stärksten Erregungen der höheren Zentren werden bewusst. Damit ist nach Ebbecke ein Weg zum Verständnis der „spontanen" ideatorischen Erregungen gegeben. Eine vorher unterschwellige Erregung kann ins Bewusstsein gelangen, einmal durch Verstärkung von hinzutretenden neuen Reizen, die an sich unterschwellige oder überschwellige Erregungen erzeugen können (Summationen) und zweitens durch Sinken aller übrigen Erregungen.

Ein Gedächtnisinhalt kann auch spontan ohne äusseren Anlass in das Gedächtnis zurückkommen und bewusst werden, indem nämlich die ihm zugrunde liegende Dauererregung überschwellig wird. Damit ist die Möglichkeit gegeben, dass dieser spontan ins Bewusstsein eingetretene Inhalt (Residuum) Anlass und Gegenstand einer Willenshandlung wird.

Viertes Kapitel.

Kritik der physiologisch gestützten Ebbeckeschen Theorie.

Wir wollen uns nun der Kritik der Ebbeckeschen Theorie zuwenden, zu deren Stützung wir physiologische Daten angeführt haben. Ihr kann der Vorwurf der unzureichenden physiologischen Stützung nicht gemacht werden. Im Gegenteil, die physiologischen Tatsachen drängen, wie wir gesehen haben, zur Annahme einer Dauererregung. Wenn wir auch nicht wissen, welcher Art diese Dauererregung ist, so ist die Tatsache der Dauererregung doch als erwiesen zu betrachten. Für die gestützte Ebbeckesche Theorie ist aber die Frage ihrer Leistung in der physiologischen Erklärung psychologischer Erscheinungen besonders massgebend. Wir werden diese physiologisch bestgestützte Theorie daraufhin untersuchen, in welchem Masse sie die psychologischen Gegebenheiten zu erklären vermag.

Ebbeckes Theorie baut sich auf der Annahme der Dauererregung eines Neurons auf. Wie schon früher angeführt, ist die Theorie nicht in der Lage, die Tatsache zu erklären, dass Greise sich an Erlebnisse der Jugend sehr gut erinnern, während die Merkfähigkeit wesentlich geringer ist. Man müsste sich diese Tatsache eben so erklären, dass die Dauererregungen, die in der Jugend in den Neuronen entstanden sind, von grösserer Ausgeprägtheit und grösserer Beständigkeit sind, als die im späteren Leben entstandenen. Ebbecke selbst geht auf diese

Frage nicht ein. Er bstimmt die Dauer der Erhaltung der Erregungsimpulses sehr vage. Er meint: „Wie lange dieser Erregungsrest anhalten kann, ist von vornherein nicht zu sagen. Weitaus die meisten unserer kleinen Tageserlebnisse pflegen in kurzer Zeit vergessen zu sein. Aber so wie eine Schutzimpfung oder Injektion eine Immunität gewähren kann, die nur wenige Wochen oder Monate oder auch viele Jahre, ja das ganze Leben hindurch anhält, ist eine feste Grenze für das Verschwinden der „Gedächtnisspur" nicht gesetzt" (25, S. 198). Allerdings kann eine Immunität sehr lange dauern; sie wird aber im Laufe der Zeit weniger stark und kann auch schon nach kurzer Zeit völlig verschwunden sein. Dass aber eine Dauererregung bis ins hohe Alter bestehen soll, ist eine Annahme, die sehr unwahrscheinlich ist. Das Unwahrscheinliche ist eben, dass die Dauererregung im Alter ebenso stark oder gar noch stärker sein solle als eine erst kürzlich entstandene Dauererregung. Ebbecke gibt selbst zu, dass „die Höhe einer Erregung bei längerer Dauer rasch absinkt und die Daueregung eine nur geringe Höhe zu haben pflegt . . . " (25, S. 215). Man müsste annehmen, dass sich eine Aktivitätshypertrophie entwickle. Diese bildet sich aber nur bei wiederholter Inanspruchnahme, und es ist doch Tatsache, dass auch einmalige eindrucksvolle Erlebnisse vom Greise erinnert werden.

„Ausser den bekannten und aus den physiologischen Eigenschaften einer Nacherregung durchaus verständlichen Tatsachen, dass das Gedächtnis für ein Erlebnis unmittelbar darauf am treuesten, ein frisches Erlebnis am genauesten im Gedächtnis ist und sich dann die Erinnerung allmählich verliert, geht aus solchen Versuchen, wie sie seit Ebbinghaus in grosser Zahl angestellt sind, hervor, dass das Abklingen im Anfang verhältnismässig rasch ist und dann allmählich eine Stabilisierung eintritt." (25, S. 242). So verständlich diese Tatsache ist, umso unverständlicher ist es, warum nicht die im Greisenalter noch vorhandenen sehr schwachen Reproduktionstendenzen (Dauererregungen) nicht von den neugebildeten viel stärkeren Erregungen gehemmt werden. Es mutet fremdartig an, anzunehmen, dass durch besondere Zuführungsbahnen diese in der Jugend erworbenen Residuen den ankommenden Reizen zugänglich wären. Die Ebbeckesche Theorie versagt also in der physiologischen Erklärung dieser Tatsachen.

Prüfen wir weiter und untersuchen wir die Ebbeckesche Theorie auf die beiden Einwände hin, die schon gegen die Verwornsche Theorie gemacht wurden.

Es wurde bekanntlich der Verworn'schen Theorie vorgeworfen, sie könne wohl die Verstärkung einer bestehenden Assoziation, nicht aber die Bildung einer neuen erklären. Wir müssen an dieser Stelle näher auf die Ebbeckeschen Fragen eingehen. Nach ihm sind die ideatorischen Dauererregungen die eigentlichen Gedächtnisresiduen. Ist durch einen vorausgegangenen Reiz in einer Neuronenkette eine Dauererregung entstanden, so wird diese Kette auf einen folgenden Reiz leichter ansprechen, da sich die neue Erregung zu der noch vorhandenen summieren kann: das ist die Beziehung der Dauererregung zur Bahnung. Für oftmals wiederholte gewohnte Tätigkeiten nimmt E. die Ausbildung besonders gangbarer Bahnen aufgrund der Arbeitshypertrophie an und trifft sich hier mit den Ansichten Verworns. Wie oben erwähnt, ist er gezwungen, Einschränkungen zu machen. „Es gibt eine Anzahl von Handlungen, die wir täglich ausführen, und von Gegenständen, die wir täglich sehen, die aber durch ihre Alltäglichkeit so gewohnt, geläufig und gleichgültig geworden sind, dass wir sie kaum noch beachten und bemerken. Würde jede Wiederholung den Eindruck verstärken, so würden schliesslich diese Dinge die beherrschenden werden. Statt dessen sinken sie zu automatischen Reaktionen herab, von denen das Bewusstsein entlastet wird, und es bilden sich immer mehr langsam erlernte und gründlich eingeübte Reaktionsgewohnheiten, die, ihrem Ursprung nach psychisch und kortikal, später den Reflexen ähneln. Es scheint da ein einfacher, kurzer Faserverbindungsweg zwischen sensorischen und motorischen Rindenbezirken gebildet zu werden, der unter Benutzung weniger Neuronenstationen und entsprechend geringer Beteiligung das Bewusstsein mit wenig Widerständen leitet. So schliessen sich wahrscheinlich an die zunächst rein funktionelle Veränderung der Dauererregung, wenn sie von längerer Dauer ist, morphologisch durch den nutritiven Reiz beförderte Übungsveränderungen an, nach Art einer Aktivitätshypertrophie mit Vermehrung der Kernteilungen, Epithelverdickung und Gefässwanderungen an der Haut; mit Massenzunahme der Zellkörper, stärkeren und verzweigterem Anwachsen der Faserfortsätze und dadurch dauernd herabgesetzten Widerständen bei den Neuronen.

Eine genaue Abgrenzung, wieviel von der Wiederholungswirkung der funktionellen Erregbarkeitsänderung und wieviel der Wachstumsänderung zuzuschreiben ist, stösst im Einzelfall auf Schwierigkeiten". (25, S. 198). Diese funktionelle Darstellung, wie Ebbecke sie bringt, steht besser mit unseren Erfahrungen über die funktionelle Anpassung anderer Organe etwa eines Muskels in Einklang als die Verwornsche Auffassung. Ebbecke macht die Verstärkung der Nervenfasern von einer Reihe von Reizen abhängig und kommt so unseren übrigen Erfahrungen näher, die besagen, dass ein Muskel erst nach vielen kräftigen Bewegungen mit Verdickung antwortet. Die Ebbekkesche Auffassung weist demgemäss den Vorteil auf, zu erklären, wie die Bildung einer Bahn mit geringen Widerständen aufgrund eines Reizes zustande kommen kann. Bei Verworn musste man es als merkwürdig bezeichnen, dass schon ein Reiz einer „Ausschleifung" einer Assoziationsbahn bewirken kann, also eine quantitative Veränderung hervorbringen könnte, während die Steigerung der Leistungsfähigkeit z. B. eines Muskels bei einmaliger Beanspruchung unerheblich zu sein pflegt.

Prüfen wir nun die Hypothese Ebbeckes über die Bildung einer Assoziation und die Reproduktion aufgrund einer Assoziation. Ebbecke sucht die Eigentümlichkeit, dass zwei Komplexe, die gleichzeitig oder nahezu gleichzeitig miteinander in Beziehung treten auch weiterhin in Beziehung bleiben, so zu erklären: „Versuchen wir uns diesen Vorgang am vereinfachten Schema klar zu machen, so mögen die Komplexe symbolisch ersetzt werden durch die Buchstaben A und B mit den von diesen Zentren nach allen Seiten ausstrahlenden Leistungen a_1 —a_{10} und b_1 — b_{10}. Indem bei einer Reizung von A und B die Erregung nach allen Seiten ausstrahlt, wird sie bei den ruhenden Neuronen überall auf grösseren Widerstand stossen, als bei den schon in Tätigkeit begriffenen, und vorausgesetzt, dass die aufeinander zuführenden Wege, etwa a_3 und b_5 sich direkt oder durch Vermittlung treffen, wird auf ihnen ein doppeltes Quantum Energie in entgegengesetzter Richtung entladen. A und B werden sich auf diesem Wege gegenseitig stärken. Denn, da eine submaximale Erregung die Reizschwelle, den Widerstand bei der Überleitung herabsetzt, werden alle die zu jener Stelle hinzuführenden Wege zugänglicher und werden gleichsam die von anderen Stellen herkommenden erregenden Einflüsse

dorthin angezogen. Zwischeu A und B oszilliert die Erregung hin und her. Anders ausgedrückt, wird es zwischen zwei erregten Komplexen A und B leicht einen mittleren Faser- und Zellkomplex C geben, der, seiner Lage nach, sowohl von A wie von B Anregungen empfängt und daher doppelt stark mit Summation reagiert, sodass die übrigen irradiierten Erregungen dahinter zurückbleiben". (25, S. 199).

Eine Schwierigkeit liegt insofern hier vor, als nach diesem Schema nicht nur gleichzeitige, sondern auch beliebige später folgende Erregungen zu einer entsprechenden Verbindung der Residuen führen müssen. Verschiedene Eintrittspforten in das Gehirn oder räumliche Entfernung der Sinnessphären spielen bei der Bildung von Assoziationen keine Rolle, da ja Reize aus den verschiedensten Rindensphären miteinander assoziativ verbunden werden. Die zwei Komplexe verbindenden „Bahnen" durchlaufen so das ganze Gehirn, wenn z. B. eine Assoziation zwischen der optischen Sphäre und der Tastsphäre stattfinden soll. Und da durch die jeder Erregungswelle nachfolgende Dauererregung der durchlaufenen Bahn auch später folgende Erregungen assoziationsstiftend wirken können, so müssten alle Residuen miteinander so assoziativ verbunden sein, dass jede Erregung zuletzt, wenn nicht jedes, doch den grössten Teil der Residuen aktivieren müsste. Diese Folgerung bleibt Ebbecke auch nicht erspart, wenn er fordert, dass nur eine in entgegengesetzter Richtung eine Bahn durchlaufende Erregung zu einer Assoziation führen würde. Denn in diesem Falle wären die Reproduktionsmöglichkeiten, wenn natürlich auch viel kleiner, so doch noch ganz gewaltig. Es scheint also die Konsequenz unvermeidlich, dass jede Erregung alle Residuen aktiviert. Unseren Betrachtungen ist noch hinzuzufügen, dass die einzelnen Erregungsbezirke mit der Zeit wesentlich zusammenschrumpfen, indem die Dauererregung schliesslich von so geringer Intensität wird, dass ankommende Erregungen sich mit diesen nicht mehr zu einer überschwelligen Erregung summieren können. Diese Einschrumpfung wird aber von den durch neu ankommende Reize entstandenen Dauererregungen in ihrer Wirkung aufgehoben, sodass unsere Folgerung in Geltung bleibt.

Wenn man entgegnen möchte, dass doch die Erregungsausbreitung nicht so gross sei, so muss man dem entgegenhalten, dass ja für die Bildung einer Assoziation zwischen der Tast-

und der optischen Rindensphäre eine solch weitgehende Ausbreitung Voraussetzung ist. Hier werden neue Annahmen nötig. Man müsste annehmen, dass das Residuum isoliert sei, etwa wie Becher in der Kritik der Verwornschen Theorie anführt, indem das Residuum mit einem Schutz gegen Erregung versehen sei: dies könnte so sein, dass die Erregung auf ausgeschliffener Bahn einen besonderen Charakter annimmt, der sie allein zur Aktivierung von Residuen geeignet macht. Oder: „wie die Eizelle sich nach der Befruchtung mit einer Schutzhaut umgibt, die das Eindringen weiterer hinzudrängender Samenfäden unmöglich macht, so bilde das Residuum bei seiner Entstehung eine Erregungen abwehrende Schutzmauer, die nur Tore für die ausgeschliffenen Bahnen habe, welche zugleich mit dem Residuum entstehen". (3, S. 191)

Nach Becher wäre eine solche Isolation am leichtesten zu begreifen, „wenn der alte Gedanke sich durchführen liesse, dass „jede Vorstellung" ihre besondere Zelle, als Privatkämmerlein gleichsam besitzt". (3, S. 191). Diese Annahmen könnten auch für Ebbecke gelten. Tatsächlich kommt die Ebbeckesche Auffassung dieser Ansicht sehr nahe: Bei ihm sind je einzelne Komponenten eines Erinnerungsbildes in je einer Zelle untergebracht.

Diese Ebbeckesche Ansicht lässt allerdings den Gedanken an eine Isolation etwa von Teilresiduen nicht zu, da erst durch Verbindung der verschiedenen Komponenten ein Erinnerungsbild zustande kommt. Eine spezifische Abschaltung einzelner Residuen kommt also hier nicht in Frage, da ja ein ganzer Komplex von Teilresiduen nur spezifischen Reizen zugänglich gemacht werden müsste. So müsste das ganze Gehirn in nur für spezifische Reize zugängliche Komplexe aufgeteilt werden.

Noch grössere Schwierigkeiten begegnen uns, wenn wir bedenken, dass immer nur Reizkomplexe auf unser Nervensystem einwirken. Dadurch würden noch grösssere, den vorhin erwähnten übergeordnete und nur spezifischen Reizen zugängliche Komplexe entstehen. Würde aber ein Reiz in diesen Komplex einmal eindringen, dann müsste wieder der ganze Komplex der assoziierten Residuen reproduziert werden.

Ebbecke sucht dieser Schwierigkeit durch den Begriff der Konstellation oder konvergenten Anregung und der Hem-

mung zu begegnen „die unter den zahllosen Möglichkeiten von Erregungsübertragung einer bestimmten Erregung den Vorrang verschaffen“ (25, S. 201). Er erklärt die Wirkung der Konstellation wie folgt: „Nehmen wir eine Reihe zusammengehöriger Komplexe, etwa A, B, C, E, H, J, K, P, die zusammen einen Komplex höherer Ordnung bilden und mit anderen Komplexen D, F, G, L, M, N, O keinen Zusammenhang haben, so wird innerhalb der Gruppierung des Erregungsmusters der Konstellation I jedes Glied mit jedem in Beziehung treten und bei einem neuen ähnlichen Reiz, der ein Glied C nicht selbst trifft, wird das C mittelbar umso sicherer und stärker assoziativ gehoben werden, je vollständiger im übrigen die Konstellation I verwirklicht ist. Denn auch, wenn ein nicht zu jener Konstellation gehöriges Glied sich aus anderen Gründen in einer mässigen Erregung befindet, so wird es nicht den von mehreren Seiten kommenden Erregungszuwachs erfahren und daher hinter C zurückbleiben. Je mehr Glieder in einem Komplex höherer Ordnung gereizt sind, umso leichter und lebhafter werden auch die fehlenden Glieder des betreffenden Gruppenmusters in ergänzende Miterregung geraten“ . . . „Es ist klar, dass die Wirkung der Konstellation ebenfalls zu den bahnenden Summationswirkungen zu zählen ist. Da unsere Anschauung mit dem unterschwelligen Fortwirken ideatorischer Erregungen rechnet, so werden gerade diese Einflüsse jederzeit wesentlich zu der jeweiligen Konstellation beitragen. Weiterhin kann nach dem hier gegebenen Schema, wenn man die Glieder a, b, c, e, h, i, k, p, nicht als selbständige Komplexe, sondern als Komponenten eines einzelnen Komplexes ansieht, auch schon jede Ähnlichkeitsassoziation als die teilweise, nicht ganz vollständige Wiederkehr einer bestimmten Konstellation betrachtet werden“, (25, S. 201).

Nehmen wir an, es bestünde eine Konstellation, wie Ebbecke sie oben angenommen hat aus den Gliedern A, B, C, E, H, J, K, P, (im folgenden kurz als K I bezeichnet), die mit anderen Komplexen D, F, G, L, M, N, O keinen Zusammenhang haben und C soll, wie oben von Ebbecke dargestellt wird, assoziativ gehoben werden, dann wird es möglich sein, dass ein X, das sich ausserhalb der Konstellation in mässiger Erregung befindet, hinter C zurückstehen muss. Wie aber, wenn X sich nicht in einem „mässigen“ Erregungszustand befindet?: Nehmen wir an, X ist ein Glied einer benachbart gelegenen Kon-

stellation, welche die Glieder Q, R, S, F, X, Y, Z, W, V (im folgenden als K II bezeichnet) hat, so wird durch einen Reiz, der X nicht selbst, sondern ein anderes Glied der K II trifft, das X umso sicherer und stärker assoziativ gehoben werden, je vollständiger diese Konstellation verwirklicht ist. Nehmen wir an, dies sei in dem Masse der Fall, dass X in den gleichen Erregungszustand gekommen ist, wie durch einen nachfolgenden Reiz das Glied C der Konstellation I. Durch die Erregungsausstrahlung, die von der Konstellation I ausgeht, wird das X dann so stark erregt werden, dass dadurch eine „Entgleisung" zustande kommt, d. h. die Residuen der Konstellation II werden aktiviert. Dabei braucht man nicht anzunehmen, dass die beiden Konstellationen einen Zusammenhang haben, denn Ebbecke erklärt ja auch damit die Bildung einer neuen Assoziation, dass die von zwei Zentren nach allen Seiten ausstrahlende Erregungen sich auf den aufeinander zuführenden Wegen treffen und dadurch ein doppeltes Quantum Energie in entgegengesetzter Richtung entladen wird. (25, S. 199). Diese Einwände gelten besonders für die sehr beanspruchten Rindengebiete, z. B. die optische Rindensphäre. Wenn wir bedenken, dass sich in jedem Augenblick ein Erregungsstrom nach dem optischen Rindengebiet hinbewegt, dann muss das ganze optische Rindengebiet in dauernder sehr starker Erregung sein, und die Ausbreitung der Energie auf andere Bezirke ist unumgänglich. Nehmen wir noch an, dass daneben in einer Konstellation III sich gerade eine Erregung summiert, die aus irgendwelchem Grund stärker ist, als die des Gliedes X aus der K II, weil die Konstellation aus mehr erregten Gliedern besteht, und dadurch etwa die „konvergente Anregung" eines ihrer Glieder stärker ist, dann werden auch diese Residuen aktiviert. Durch die gleichzeitige Erregung der drei Konstellationen werden benachbarte Konstellationen durch „konvergente" Anregung so erregt, dass auch die Residuen dieser Konstellationen aktiviert werden. Auch wenn wir auf diese letzte Konsequenz verzichten, dann ist doch schon gezeigt, dass die Wirkung der Konstellation nicht so ist, wie Ebbecke sie sich vorstellt, dass sie nämlich unter den zahllosen Möglichkeiten von Erregungsübertragung einer bestimmten Erregung den Vorrang verschafft.

Verwerfen wir die Annahme Ebbekes, dass der Komplex A, B, C, E, H, J, K, P mit anderen Komplexen D, F, G, L, M, N, O

keinen Zusammenhang haben soll, als nie zutreffend, dann wird es noch evidenter, dass auch durch die Konstellation nicht erklärt werden kann, was durch sie zu erklären in Aussicht gestellt wurde, nämlich die Aktivierung einer bestimmten Gruppe unter sich assoziativ verbundener Residuen und damit die Reproduktion assoziativ miteinander verbundener Vorstellungen. Denn tatsächlich ist die Annahme einer solchen in sich abgeschlossenen Konstellationen eine bequeme Abstraktion und steht mit den physiologischen Tatsachen der Irradiation einer Erregung in Widerspruch. Fragen wir uns aber, wie eine solche Konstellation entstehen soll, so kommen wir in noch grössere Verlegenheit, wie wir das Abgegrenztsein eines Residuums für manche Reize erklären sollen.

Ebbecke wird uns entgegenhalten, dass es die Hemmung sei, die das bewirke. Es ist deshalb nötig, auch einen Blick auf das Problem der Hemmung zu werfen. Ebbecke erklärt die Isolation der Konstellation und damit die Beschränkung der Ausbreitung der Erregung auf die Konstellation I mit dem Phänomen der Hemmung. „Umgekehrt wird beim Auftreten des Gruppenmusters II (D, F, G, L, M, N, O) ein Glied C, der anderen Kette nicht nur nicht erregt, sondern im Gegenteil gehemmt werden". (25, S. 202) Wenn wir fragen, wie diese Hemmung zustande kommt, dann antwortet Ebbecke: „allgemein gesprochen, geht stärkerer Sauerstoffverbrauch an der nötigen Stelle mit Sauerstoffentziehung in der Nachbarschaft einher. Auf diese Weise führt die geringe Versorgung des zweiten Konsumenten zu einer „Hemmung" seiner Tätigkeit. Mit der passiven Funktionsherabsetzung, die ja von einer Anämie und Erstickung noch weit enfernt ist, ist aber zugleich eine Erholung verbunden, die grösser ist, als wenn in dieser Zeit nur durch Wegfall der Reizung eine relative Ruhe bestanden hätte. Denn da bei niedrigem Biotonus die assimilativen Vorgänge ein wenig überwiegen, sammeln sich Reservestoffe an und die Erregbarkeit wächst. Man kann sagen, dass in dieser Zeit zwar die Entladung aufhört, die Ladung aber weitergeht. Die Funktionsfähigkeit zwischen Tätigkeitsgruppen nimmt zu, und es kommt auf den Stand der einwirkenden Reize an, ob dadurch nur wie bei den „kompensatorischen Reflexen" das Gleichgewicht wieder hergestellt wird oder ob Erregung und Hemmung gleichsam zwischen den beiden Bezirken hin und her schaukeln, wie bei den rhythmischen alter-

nierenden Reflexen“ (25, S 202). Allgemein lässt sich nur sagen, dass eine Hemmung dieser Art immer eine Nachbarschaftswirkung ist und dass eine Eregung umso stärker hemmt und umso weniger von einem Hemmungsrückschlag betroffen wird, je mehr ihre Erregungshöhe die der Nachbarschaft überragt“. (25, S. 214). Dass Hemmung und Hemmungsrückschlag gerade für die Frage der Dauererreguug besonders wichtig sind, leuchtet ohne weiteres ein. Bestände die Hemmung allein, so würde eine einmal entstandene Erregung, die eine längere Nachentladung hat, während dieses Zeitraums dominierend bleiben. Da aber die Höhe einer Erregung bei längerer Dauer rasch absinkt und die Dauererregung eine nur geringe Höhe zu haben pflegt, so erlangen durch den Hemmungsrückstand gegenteilige Erregungen oder durch neue Reize andersartige Erregungen das Übergewicht. Statt eines monotonen Perseverierens zeigt sich die wechselvolle Mannigfaltigkeit des Geisteslebens“. 25, S. 215)

Es ist nicht sehr schwer, die Unzulänglichkeit dieser Hypothese, eine stichhaltige Erklärung der Aktivierung einer bestimmten Gruppe von Residuen zu liefern, zu zeigen.

Die Ebbeckesche Theorie fordert eine Lokalisation der Residuen, zwischen denen Bahnen geringsten Widerstandes sich befinden. Diese Lokalisation heisst nicht, jeder Zelle ihr Residuum in Form eines Erinnerungsbildes zuweisen, sondern, wie Ebbecke hervorgehoben hat, besitzt jede Zelle nur eine „Partialerinnerung“ oder einen Teil eines Erinnerungsbildes, das durch Verbindung der verschiedenen Komponenten zusammenkommt. Wir wollen hier nicht auf das Problem der Lokalisation im einzelnen eingehen. Es würde noch mehr die Mängel der Ebekkeschen Theorie darlegen. Wir haben nur das Problem angeschnitten, um festzustellen, dass wohl über die ganze sensorische Grosshirnfläche Residuen irgendwelcher Art (seien sie die physischen Korrelate sinnlicher oder gedanklicher Inhalte) verstreut sind. Eine Lokalisation muss irgendwie bestimmt sein: es sei dahin gestellt, ob die Lokalisation nach der Ähnlichkeit oder nach der zeitlichen Entstehung der Residuen erfolgt oder die Residuen nach verschiedenen Sinnesgebieten gelagert wird. Jedenfalls muss angenommen werden, dass Residuen mit ganz verschiedenen Stellen des Gehirns assoziativ verbunden sind.

Wollen wir nun die Hemmung mit der Ebbeckeschen Methode zu erklären versuchen, so ist dies ganz unmöglich. Ein-

mal deshalb, weil die Hemmungswirkung Ebbeckes, wie er selbst betont, immer nur eine Nachbarwirkung ist und immer nur die nächste Nachbarschaft betrifft. Die Hemmung der Erregung — und damit die Hemmung der Reproduktion — eines entfernt — etwa in einem anderen Rindengebiet — liegenden Residuums kann mit dem Ebbeckeschen Begriff der Hemmung nicht erklärt werden. Das Phänomen der Hemmung — wie sie Ebbecke auffasst — steht auch mit dem der Erregungsirradiation in Widerspruch. Nehmen wir an, es sollte zwischen zwei Erregungsstellen eine assoziative Verknüpfung hergestellt werden. Da diese beiden Stellen sich in lebhafter Erregung befinden, haben sie einen grossen Sauerstoffverbrauch. Nach Ebbecke wird der Sauerstoff der Nachbarschaft entzogen. Folglich wird die nächste Umgebung der Erregungsstellen, wenn nicht ganz gelähmt, so doch in ihrer Tätigkeit gehemmt. Dadurch wird die „Erregungsausstrahlung" von diesen beiden Zentren aus unmöglich gemacht. Eine assoziative Verknüpfung der beiden Residuen wird dadurch verhindert. Argumentiert man aber, nur in manchen Fällen werde die Hemmung stattfinden, in anderen Fällen nicht, denn muss man fragen: Wie wird diese Hemmungswirkung geregelt und von wo aus gesteuert? Oder ist es der Zufälligkeit anheim gegeben, welche Vorgänge gehemmt und welche gebahnt werden.

Selbst wenn man über die Natur der physiologischen Hemmungs- und Bahnungsprozesse völlig informiert wäre, könnte man nicht dem Einwande begegnen, dass das Eintreten einer hemmenden oder bahnenden Wirkung dem Zufall anheimgegeben sein müsste. *)

So kann man z. B. das Quaken eines Frosches durch Ausübung eines zweiten, vom reflexauslösenden räumlich getrennten Reiz mit grosser Sicherheit, etwa durch Kneifen einer Extremität, hemmen. Hier kommen wir mit den schon erörterten Theorien der Assimilation und Dissimilation in Konflikt. „Es ist nämlich nicht einzusehen, warum solche Reize, die unter Umständen durchaus nicht hemmend, sondern reizverstärkend wirken, den gewöhnlichen Dissimilationserregungen entgegengesetzte Assimilationsprozesse hervorrufen sollen". (3, S. 201). Man könnte dabei allerdings an eine spezifische Einstellung

*) Dies gilt für alle physiologischen Theorien des Gedächtnisses.

denken, etwa anolog der Tatsache, dass bei Grosshirnreizung je nach der gegenwärtigen Stellung der Extremitäten eine Kontraktion oder Streckung eintritt.

Wenn wir annehmen, dass im Grosshirn zahlreiche Erregungs- und Hemmungsprozesse bestehen, so könnte daraus erklärt werden, dass nicht alle Residuen aktiviert werden. Warum aber diese Hemmungen und gerade zu dieser Zeit so gestaltet existieren, bleibt unverständlich. Wenn wir argumentieren, es sei die Aufmerksamkeit, welche das mache, dann muss man sich fragen: Wie fängt es die Aufmerksamkeit an, gewisse Erregungen zu hemmen? Nehmen wir mit Wundt ein Aufmerksamkeitszentrum an, das Hemmungs- und Bahnungsimpulse aussendet, dann müsste die Frage gestellt werden, wie in diesem Zentrum die Aussendung der hemmenden und bahnenden Impulse reguliert werde. Versteift man sich auf die Interferenz der Erregungen, so lässt sich fragen: Warum interferiert diese bestimmte Erregung mit anderen gerade so, dass sie gehemmt oder gebahnt wird? *)

Wenn wir die Ergebnisse unserer Untersuchung über die Leistungen der Ebbeckeschen Theorie der Dauererregung zusammenfassen, so zeigt sich uns das gleiche Bild, wie bei den übrigen Theorien. Die gute physiologische Stütze, welche die Theorie durch unsere physiologischen Überlegungen erhalten hat, nützt ihr nichts. Vom psychologischen Standpunkt aus ist ihre Leistungsfähigkeit als erklärendes Prinzip massgebend für ihren Wert. Auch die gestützte Ebbeckesche Theorie versagt bei der Erklärung der einfachsten psychologischen Tatsachen. Die Reproduktion aufgrund einer Assoziation konnte die Theorie trotz Hilfshypothesen physiologisch nicht erklären. Man kann unseren Ausführungen nicht den Vorwurf machen, die Forderungen der vorliegenden Arbeit an die Leistungsfähigkeit der Theorien seien zu hoch geschraubt. Wir haben es absichtlich unterlassen, auf die Probleme der räumlichen und zeitlichen Formen, besonders der Gestaltsresiduen einzugehen, weil man einwenden könnte, die histologisch-anatomische wie die physiologische Forschung seien noch nicht imstande, die diesen speziellen Residuen zugrunde liegenden feineren Struktur- und Funktionsverhältnisse im Nervensystem zu erkennen und

*) Ich folge hier Berger (3, S. 201 ff.).

damit sei den Hypothesen über diese komplizierten Fragen die sichere Grundlage genommen. Wir haben uns nur auf die geringere Forderung beschränkt und untersucht, ob die rein physiologischen Gedächtnishypothesen die Grunderscheinungen des Gedächtnisses, die Reproduktion aufgrund einer Assoziation erklären können. Wir sind nicht einmal auf speziellere Fragen der Assoziation, wie der Ähnlichkeits- und Gleichzeitigkeitsassoziation eingegangen.

Umso zwingender muss unsere Feststellung sein, dass die Annahme rein physiologischer Residuen für die Erklärung der Gedächtniserscheinungen nicht ausreicht. Ich schliesse mich deshalb völlig Max Offner an, wenn er meint, „dass die Annahme einer physiologischen Disposition nichts leistet zur Erklärung der psychischen Disposition. Ist doch diese ein viel inhaltsreicherer Begriff als jener, von der wir absolut nichts wissen und wenigstens bis jetzt nicht die geringste Spur im Gehirnmantel nachzuweisen vermögen, die somit ihr Dasein sozusagen nur der psychischen Disposition verdankt". (60, S. 18)

Man könnte einwenden, dass uns eben noch die nötige physiologisch-chemisch-anatomische Grundlage fehlt. Aber selbst, wenn wir mit Laplace'schem Geiste ausgerüstet, eine „astronomische Kenntnis" (62, S. 17 u. S. 37/38) des Gehirns und Nervensystems besässen, würden wir nur immer Bewegungen und physiologische Abläufe sehen, die auftauchen und wieder verschwinden. Hier würden wir Hemmungsprozesse sehen, dort Bahnungsprozesse. Was wir aber nicht bei all unserer Kenntnis sämtlicher Prozesse finden würden, wären die Ursachen dieser Vorgänge. Wir könnten keinen physischen Kausalnexus feststellen, sondern wir würden als ordnendes Prinzip Wirkungen einer unbekannten Grösse sehen.

III. Abschnitt.

Die Goldsteinsche Theorie der funktionellen Strukturen.

Erstes Kapitel.

Die Grundannahmen der Goldsteinschen Theorie.

Es sei uns gestattet noch auf eine Theorie einzugehen, die starke Anklänge an die Bergerschen Ansichten von den Gehirnvorgängen in sich birgt, insofern also auch Goldstein (41)

das Gehirngeschehen im Sinne einer ganzheitlichen Dynamik auffasst. Goldstein betrachtet das Gehirn als einen einheitlichen Apparat, der stets als Ganzes arbeitet. Das physische Korrelat des Gedächtnisses ist darnach nicht in einer Zelle oder in einer Summe von Zellen zu suchen, sondern besteht in einer funktionalen Struktur; es handelt sich also um einen dynamischen Erregungsrückstand. Goldstein stellt folgende Thesen auf: „Das System befindet sich nie in Ruhe, sondern in einer dauernden Erregung". „Es besteht die Tendenz, die Spannung im System auf einem Mittel zu erhalten resp. bei einer Spannungsänderung den Erregungszustand immer wieder diesem Mittel zuzuführen."

„Jede Erregung im System hat die Gestalt eines Vordergrund-Hintergrundvorganges". „Was Vordergrund, was Hintergrund wird, wechselt dauernd und ist von der Aufgabe, die der Organismus jeweils zu erfüllen hat, bestimmt." „Der auf eine Reizwirkung zustande kommende Vordergrund-Hintergrundvorgang wird. . . . von den gleichzeitig einwirkenden Reizen sowie von dem jeweilig vorliegenden Zustand des Gesamtsystems bestimmt." (41, S. 646 ff.)

„Die zur Verfügung stehende Energiemenge ist innerhalb gewisser Grenzen konstant. Tritt eine Schädigung des Gehirns ein, so wird die Energie so verteilt, dass nach Möglichkeit die für den Organismus wesentlichen. . . . Leistungen am besten und längsten erhalten bleiben." *)

„Die Bedeutung der einzelnen Stelle des Gehirns liegt darin, dass sie den normalen Ablauf des ihr entsprechenden Moments im jeweiligen Gesamtvorgang garantiert." (41, S. 659)

Zweites Kapitel.

Die Leistung der Goldsteinschen Theorie.

Diese Goldsteinsche Theorie ist, wie Aloys Wenzl (79) in seinem Buche: „Das Leib-Seele-Problem im Lichte der neuen Theorien der physischen und seelischen Wirklichkeiten" mit Recht hervorhebt, an der neueren Gestaltstheorie orientiert. **)

*) Die Sperrung findet sich nicht im Original.

**) Auf die physiologische Theorie des Gedächtnisses geht Wenzl in seiner Arbeit nicht ein. Er verwendet die neuern physiologischen Forschungsergebnisse und physikalischen Theorien lediglich zur Beleuchtung der daraus sich ergebenden Standpunkte in der Frage des Verhältnisses von Leib und Seele.

Es ergeben sich daraus ähnliche Einwände, wie sie gegen diese vorgebracht werden konnten. Wenzl fasst sie treffend zusammen. „Die Ausbildung der Grundfunktionen, ihre Gliederung in Figur und Hintergrund je nach der Situation kann nicht als nach physikochemischen Gesetzen zustande gekommen angesprochen werden, diese sind ihrem Begriff nach sinnfremd, das Treffen aber des „Wesentlichen" „Richtigen" fordert die Ausbildung nach Sinngesetzen". (79, S. 49) Auch Variabilität dessen, was je nach der (sinnhaften) Situation Vorder- und Hintergrund ist, ist physikochemisch nicht zu erklären. Das Zugeständnis aber, dass die Ausbildung der Grossfunktion die Gliederung des ganzheitlichen Geschehens in Figur und Hintergrund nicht nach physikochemischen Gesetzen sich vollzogen haben könne, weil das, was als Figur heraustritt, eine sinnvolle Rolle in einer sinnhaften Gesamtsituation zu spielen hat, ist gleichbedeutend mit dem Zwang zu der Annahme, dass die Gliederung psychogen erfolge". „Nicht anders ist es, wenn Goldstein in Bezug auf die Energieverteilung bei Schädigungen die These aufgestellt, dass diese mit geringstem Kraftaufwand einen Effekt, einen immerhin zweckmässigen Effekt, ist gemeint, bewirke. Nach den Gesetzen der Newtonschen Massenanziehung und den Maxwellschen Gleichungen, um ganz konkret zu reden, wie übrigens auch nach den Gesetzen über Energieumwandlung und Energieausgleich und über die Bildung physischer Gleichgewichtszustände überhaupt, kommen zweckmässige *) Verteilungen nicht zustande". (79, S. 50)

Wir schliessen uns voll und ganz den Ausführungen Wenzls an. Die Konsequenz im Sinne der Leistungsprüfung der physiologischen Theorien des Gedächtnisses ergibt sich daraus eindeutig. Wie Wenzl hervorhebt, sind zur Erklärung der zweckmässigen Verteilung der Energie im Gehirn psychogene Faktoren nötig. Eine rein physiologische Erklärung des Gedächtnisses versagt auch hier.

IV. Abschnitt.

Lindworskys Frage nach der prinzipiellen Möglichkeit einer rein physiologischen Erklärung des Gedächtnisses.

Angesichts des völligen Versagens sämtlicher — auch der neueren — physiologischen Gedächtnistheorien werden wir zur

*) Die Sperrung findet sich nicht im Original.

Frage gedrängt: Ist eine physiologische Erklärung des Gedächtnisses überhaupt möglich? Diese Frage nach der Möglichkeit einer rein physiologischen Gedächtnistheorie wird von Lindworsky gestellt (53).

Die Untersuchungen Lindworsky sind uns in verschiedener Hinsicht wertvoll. Einmal sticht die Behutsamkeit, mit der Lindworsky in seiner Schrift vorgeht, vorteilhaft ab von der unbekümmerten und kritiklosen Art und von den physiologischen Mythologien anderer. Dann weiss sich Lindworsky frei von dem Vorwurf, er wolle durch die Vertretung einer physiologischen Theorie des Gedächtnisses einem absoluten Materialismus oder einem materialistischen Parallelismus das Wort reden, wie dies meist die Tendenz der Vertreter der rein physiologischen Theorien des Gedächtnisses ist. Von ausschlaggebender Bedeutung für uns ist die Tatsache, dass die Aufgabe, die sich Lindworsky stellt, grundsätzlich verschieden ist von der anderer.

Lindworsky möchte nicht untersuchen, welche von den drei möglichen Auffassungen über die Erklärungsweisen der Gedächtniserscheinungen *) bei der Reproduktion der Wirklichkeit entspricht. Er sieht vielmehr seine Aufgabe darin, zu prüfen, „ob die bekannten Tatsachen der Reproduktion die Notwendigkeit eines seelischen Gedächtnisschatzes beweisen“ (53, S. 18). Er stellt sich mit anderen Worten die Aufgabe, zu zeigen, dass die Reproduktionserscheinungen aus rein physiologischen Vorgängen und Abläufen erklärt werden könnten.

„Die Beweise der Psychisten laufen alle darauf hinaus, die Unmöglichkeit einer ausschliesslich materiellen Grundlegung der Reproduktion darzutun. Darum kann sich die physiologische Auffassung damit begnügen, deren absolute Möglichkeit nachzuweisen“. (53, S. 20). Lindworskys Ausführungen sind deshalb für uns von so grosser Bedeutung, weil er die prinzipielle Frage nach der Möglichkeit einer physiologischen Erklärung des Gedächtnisses stellt. Er sucht diese Möglichkeit zu beweisen durch die Anwendung einer mechanischen Analogie. Es ergibt sich aus der Tendenz seiner Untersuchung schon, dass Lindworsky an die Leistungen seiner

*) die Annahme körperlicher Disposition oder Spuren, oder die Annahme der Mitwirkung einer psychischen Disposition für einige Gedächtnisvorgänge oder die Annahme einer völlig gleichgestellten Zusammenarbeit von Leib und Seele.

Analogie die denkbar geringsten Anforderungen stellt. Er möchte nur zeigen, wie auf rein mechanischem Weg die früheren Eindrücke wieder belebt werden können.

Gelingt ihm dies, dann glaubt er die Möglichkeit einer physiologischen Theorie nachgewiesen zu haben. Umgekehrt folgt für unsere Untersuchung daraus, dass, falls uns der Nachweis gelingen sollte, dass seine Analogie bei der mechanischen Erklärung der Reproduktion früherer Eindrücke versagt, wir damit seinen Beweis der Möglichkeit einer rein physiologischen Erklärung des Gedächtnisses widerlegt haben.

Als Grenzen einer physiologischen Gedächtnistheorie setzt Lindworsky fest, dass die physiologische Gedächtnistheorie keine Deutung der qualitativen Seite der Reproduktionsvorgänge unternehmen darf. Eine physiologische Gedächtnistheorie müsse sich bescheiden, nur die Reproduktion anschaulicher Inhalte durch die Wiederbelebung nervöser Dispositionen zu erklären; Denkprozesse sind von der Erklärung ausgenommen. An Stelle der Ausschleifungs- oder Bahnungstheorie, die auch er ablehnt, setzt er die Resonanzanalogie. Wir stimmen ihm auch zu, wenn er meint, dass, bevor man zu einer psychistischen Theorie die Zuflucht nehme zuvor bewiesen sein müsse, dass eine rein physiologische Theorie nicht nur auf dem bisher begangenen, sondern auf keinem einzigen Wege möglich ist.“ Sonst läuft man Gefahr, die Forschung vorzeitig abzuschneiden und sich wertvolle Einsichten und Anregungen zu versperren“ (53, S. 21). Die Grundgedanken der Resonanzanologie sind folgende: Im Mittelpunkt der Theorie stehen nicht die Assoziationsfasern, die nur eine untergeordnete Rolle spielen, sondern die „nervösen Elemente“ selbst, die L. aber nicht weiter umschreiben oder lokalisieren will. Er hat dabei aber wohl die Ganglienzellen der Grosshirnrinde im Auge. Ihre Erregung setzt er in Analogie zu der eines schwingenden Körpers.

Eine in das Grosshirn eintretende Erregung breitet sich dort diffus aus. Wie nun durch eine schwingende Stimmgabel eine andere ruhende Stimmgabel zur Mitschwingung gebracht werden kann, ebenso wird durch ein erregtes Nervenelement ein mit diesem verbundenes und auf dasselbe abgestimmtes Nervenelement in Erregung versetzt. Lindworsky unterscheidet eine Hauptschwingung, die Schwingung des gesamten Resonators, und eine Nebenschwingung, die sich auf benachbarte Resonatoren

der gleichen Form überträgt. Die Hauptschwingung lässt etwa, so sei angenommen, eine Spur in Form einer ringförmigen Vertiefung an der Innenwand des Resonators zurück, eine Vertiefung die ihrerseits einen Resonator für eine andere Schwingungsart darstellt: die Nebenschwingung. Die Form dieses Resonators und dementsprechend die Form der Nebenschwingung soll vom Alter der lebenden nervösen Substanz abhängen. Die Spur enthält als Teilinhalt eine Zeitschwingung, den Zeitindex der Spur. „Bei jeder Benützung legt sich eine Spur neben die andere. Die Gesamtform des Resonators und seiner Hauptschwingung wird dadurch nicht wesentlich beeinträchtigt, ähnlich wie sich mit den Jahren in der Körperhaut Fältchen an Fältchen legt, ohne deshalb die grossen Züge zu verändern" (53, S. 22). „Schwingt nun das nervöse Element in seiner Hauptschwingung, so werden auch die ihm eingegrabenen Resonatorenringe mit ihren, den Nebenschwingungen miterregt. Und umgekehrt, wird durch einen inneren Reiz eine oder mehrere Nebenschwingungen hervorgerufen, so haben diese die Tendenz, die Gesamtschwingung des ganzen Elementes herbeizuführen. Die Hauptschwingung entspricht, wie wir annahmen, einer Empfindungsqualität. Den Nebenschwingungen, die wir auch Zeitmomente heissen, kann man gleichfalls Bewusstseinsinhalte, etwa Modifikationen der Empfindung, parallel gehen lassen" (53, S. 23). Damit versucht Lindworsky die drei von ihm herausgestellten Hauptfälle der Reproduktion zu erklären. Die Reproduktion eines früheren Gesamteindruckes, indem durch einen Teil des früheren Gesamteindruckes, durch eine Nebenschwingung, die Hauptschwingung reproduziert wird. Die Reproduktion sukzessiver Eindrücke, indem die Modifikationen der Nervenelemente, die anderen in kurzen Abständen folgen, nur wenig voneinander verschieden sind und deshalb auch nahezu gleiche Nebenschwingungen bedingen, die sich gegenseitig leicht wieder erregen können. „Der dritte Hauptfall der Reproduktion liegt bei der Erinnerung zeitlich getrennter Erlebnisse vor" (53, S. 25).

Obwohl Lindworsky das Gegenteil behauptet, ist festzustellen, dass die Erklärung dieses dritten Hauptfalles vom Standpunkte der Resonanzanalogie grosse Schwierigkeiten bereitet. Unterscheiden wir die Leistung an Hand unseres Kriteriums: der Reproduktion aufgrund einer Assoziation. Die Reproduktion soll geschehen aufgrund gemeinsamer

Inhalte. „Wenn uns also ein soeben empfundener Geruch eine Szene vor Augen führt, in der wir denselben Geruch wahrnehmen, so bildet dieser Empfindungsinhalt das gemeinsame Glied beider Erlebnisse“ (53, S. 25). „Es werden dadurch die nämlichen Elemente im Geruchszentrum in Erregung versetzt, die damals beteiligt waren“. „Wie wir nun schon oben sagten, ist die Schwingung der nervösen Elemente stets eine zusammengesetzte. Mit der Hauptschwingung sind auch die aus den verschiedenen Zeitmomenten stammenden Nebenschwingungen mehr oder weniger ausgeprägt verbunden. Sie alle suchen die ihnen gleichen oder ähnlichen Schwingungsformen bei den ruhenden Elementen hervorzurufen. Die der Geruchsqualität entsprechende Hauptschwingung möchte noch andere Geruchselemente zu derselben Hauptschwingung bewegen. Das würde an und für sich den Vorstellungsinhalt nicht verwirren, der Geruch würde nur lebhafter. Eine Entgleisung wäre nur dadurch möglich, dass mit den neuen Geruchselementen auch die ihnen zugehörigen Zeitschwingungen, wie wir einmal kurz sagen wollen, geweckt werden. *) Indes sind diesen erst in zweiter Linie erregten Zeitschwingungen die sofort mit den ursprünglichen Hauptschwingungen einsetzenden Zeitschwingungen überlegen. Sie haben inzwischen schon identische Schwingungen in anderen Zentren entstehen lassen und sie allmählich dermassen verstärkt, dass die nachfolgende Hauptschwingung den Schwellenwert erreichen konnte; das optische Bild jenes Erlebnisses, bei welchem derselbe Geruch empfunden wurde, steht vor der Seele“ (53, S. 25/26).

Zur Ausschaltung der Möglichkeit, dass mit den neueren Geruchselementen auch die ihnen zugehörigen Zeitschwingungen geweckt werden, ist Lindworsky zu ganz unberechtigten Annahmen gezwungen. Es ist schwer einzusehen, warum die Zeitschwingungen einfach von der mit der ursprünglichen Hauptschwingung einsetzenden Zeitschwingung und der nachfolgenden Hauptschwingung überdeckt werden sollen; denn, mit seinen eigenen Worten gesprochen, „einmal sind wahrscheinlich die Hauptschwingungen an sich schon schwerer zu erregen als die Nebenschwingungen*) und zweitens findet die Aktivierung weiterer Hauptschwingungen nicht die Unterstützung

*) Im Original findet sich die Sperrung nicht.

der Aufmerksamkeit, da dem Bewusstsein mit einer formlosen Erregung beliebiger Empfindungen nicht gedient ist" (53, S. 32).

Wenn wir die Theorie und die Ausführungen Lindworskys weiter kritisch betrachten, so ist zu sagen, dass auch wir die bedeutsame Rolle, welche die nervöse Substanz bei der Gedächtnisleistung spielt — wie uns besonders die Pathologie lehrt — nicht verkennen. Wir gehen mit Lindworsky einig, dass wir die Unversehrtheit bestimmter Gehirnregionen als Bedingung für das Zustandekommen einer Reproduktion ansehen. Aber um die Unmöglichkeit einzusehen, „gewisse Reproduktionsleistungen allein aus der Ekphorie physiologischer Engramme verständlich zu machen" (53, S. 20), braucht man kein Psychist zu sein. Zu dieser Einsicht kommt jeder, der unvoreingenommen die physiologischen Theorien auf ihre Leistungsfähigkeit zur Erklärung psychischer Gedächtniserscheinungen prüft. Es ist eine undankbare Aufgabe, die Möglichkeit einer physiologischen Theorie zu beweisen und gleichzeitig sich zur Feststellung gezwungen zu sehen, dass es in der Tat zurzeit unmöglich ist, eine wirklich physiologische Theorie des Gedächtnisses zu entwerfen und so eine Zuflucht zu mechanischen Analogen nehmen zu müssen. Es ist so zum mindesten bedenklich, wenn nicht einmal die Möglichkeit besteht, einen rohen Entwurf einer physiologischen Theorie zu machen. Unserer Meinung nach genügt es eben nicht, wenn durch eine mechanische Analogie veranschaulicht wird, wie auf rein mechanischem Wege die früheren Eindrücke wieder belebt werden können, und festzustellen, dass man „von den geheimnisvollen Reichtum des lebenden Organismus eine ganze Reihe von Ausführungen dieses Gedankens erwarten" kann (53, S. 20).

Prüfen wir die Lindworsky Analogie mit demselben Kriterium, das wir zur Prüfung anderer Theorien schon angewandt haben, nämlich der Leistung der Analogie zur Erklärung der Reproduktion aufgrund einer Assoziation. Die Reproduktionsgesetze Lindworskys sagen, dass nicht irgendwelche Vorstellungen einander folgen, sondern nur solche, die gleiche Teilinhalte haben. Es sind aber sehr viele Erlebnisse durch Teilinhalte miteinander verbunden. Nehmen wir z. B. den Teilinhalt „Fenster". Wenn wir ein Erlebnis haben, das einen Teilinhalt „Fenster" hat, dann müssen nach Lindworsky alle Erinnerungsbilder wach werden, in denen der Teilinhalt Fenster vorkommt. Da

nun viele Erinnerungsbilder viele Teilinhalte gemeinsam haben (denken wir nur z. B. an Erinnerungsbilder, in denen der Teilinhalt „Mensch“ vorkommt), so werden unendliche viele „Resonatoren“ auf die Erregung ansprechen und es werden durch diese Nebenschwingung viele Hauptschwingungen hervorgerufen, sodass schliesslich der ganze Gedächtnisschatz reproduziert wird. Ein geordnetes Denken ist so völlig unmöglich, denn die Schwingung der nervösen Elemente ist stets eine zusammengesetzte; mit der Hauptschwingung sind auch die aus den verschiedenen Zeitmomenten stammenden Nebenschwingungen mehr oder weniger ausgeprägt verbunden. Sie alle suchen die ihnen gleichen oder ähnlichen Schwingungsformen bei den ruhenden Elementen hervorzurufen. Ein ungeheueres Chaos im Gehirn wäre die Folge. Lindworsky sucht diese Folgerung zu vermeiden, wenn er sagt: „Die Ergänzung einer Teilvorstellung zur Totalvorstellung macht keine prinzipiellen Schwierigkeiten, wenn anders die zugehörigen nervösen Elemente überhaupt ansprechen. Auch wenn dann unzutreffende Ergänzung sich einstellen, so werden sie von der kontrollierenden Aufgabe verworfen, *) vorausgesetzt, dass die Aufgabe hinreichende Angaben zur Kontrolle enthält“ (53, S. 30). Die kontrollierende Aufgabe ist aber ein psychischer Faktor. Durch das Heranziehen dieses psychischen Faktors gibt Lindworsky selbst zu, dass er dessen bedarf zur Erklärung der physiologischen Abläufe. Diesen plötzlichen Sprung ins Psychische kann man auch noch an anderen Stellen seiner Abhandlung beobachten. Zur Erklärung der Reproduktion ähnlicher Inhalte argumentiert er: „Denn einmal sind wahrscheinlich die Hauptschwingungen an sich schon schwerer zu erregen, als die Nebenschwingungen und zweitens findet die Aktivierung weiterer Hauptschwingungen nicht die Unterstützung der Aufmerksamkeit, da dem Bewusstsein mit einer formlosen Erregung beliebiger Empfindungen nicht gedient ist“ **) (53, S. 32). Es kann für einen physiologischen Ablauf nicht massgebend und bestimmend sein, ob mit einer durch ihn geschaffenen Tatsache dem Bewusstsein gedient ist oder nicht, sondern für den physischen Ablauf können nur physische Bedingungen massgebend sein. Wenn sich aber aus der konsequenten Durchführung der Theorie Schwierigkeiten ergeben,

*) Die Sperrung findet sich nicht im Original.

**) Die Sperrung findet sich nicht im Original.

so muss gefordert werden, dass die Konsequenzen gezogen werden. Auch hier ist schon wieder uneingestanden zugegeben, dass zur Erklärung des physischen Ablaufes psychische Fakten herangezogen werden müssen. Trotz der geringen Anforderungen, die Lindworsky an seine Resonanzanalogie stellt, ist er nicht in der Lage, diesen gerecht zu werden, sondern er sieht sich — wie wir gesehen haben — immer und immer wieder gezwungen, psychische Fakten zur Erklärung des mechanischen Ablaufes heranzuziehen. Damit hat er aber selbst die prinzipielle Möglichkeit einer rein physiologischen Gedächtnistheorie preisgegeben. Selbst wenn wir mit Laplace'schem Geist ausgestattet wären, könnten wir keinen lückenlosen physischen Kausalnexus herstellen. Immer und immer wieder müssten wir psychische Faktoren zu dessen Erklärung heranziehen.

C. Schlussbetrachtung.

Die psychistische Gedächtnistheorie von Becher.

Wir haben gesehen, dass die Erklärung des Gedächtnisses und der psychischen Abläufe im allgemeinen durch rein physiologische Theorien nicht möglich ist. Und doch weisen besonders pathologische Befunde auf eine Beteiligung des Gehirnes bei den Gedächtniserscheinungen hin. Das assoziative Band scheint in ausgeschliffenen Nervenleistungsbahnen im Gehirn zu bestehen. Wenn diese Bahnen zerstört werden, ist die Assoziation zwischen jenen Residuen vernichtet, die am Ende der Bahnen liegen und durch diese untereinander verbunden werden. Eine physiologische Gedächtnishypothese scheint durch die Tatsache also tatsächlich gefordert zu werden. Andererseits haben wir ihre Undurchführbarkeit dargetan, wenn die Theorie ausschliesslich sein will. Er erhebt sich nun die Frage, ob nicht eine grundsätzlich andere Gedächtnisauffassung möglich ist, welche die Schwächen einer rein physiologischen Gedächtnistheorie durch Einbeziehung psychischer Erklärungsfakten umgeht, andererseits auch der durch pathologische Befunde belegten Abhängigkeit der Gedächtnisleistungen von der Unversehrtheit des Gehirns gerecht wird.

Sind wir berechtigt, zur Erklärung des Gedächtnisses, psychische Faktoren heranzuziehen? Wie wir gesehen haben, fordern die physiologischen Gedächtnistheorien eine Ergänzung durch psychische Faktoren. Ferner manifestiert sich das Gedächtnis doch zunächst als psychisches Phänomen, als eine Fähigkeit der Seele. Es steht uns also nichts im Wege, psychische Erklärungsfaktoren zur Erklärung der Gedächtniserscheinungen zu benützen. Wir dürfen aber dabei nicht in den Fehler verfallen, das ganze physiologische Rüstzeug über Bord zu werfen, wie dies Becher tut.

Nach Becher ist durch die Ausfallserscheinungen bei Hirnrindenverletzungen nicht bewiesen, dass die Residuen als solche zerstört sind, sondern die Reproduzierbarkeit ist aufgehoben; denn es zeigen viele Tatsachen, „dass Verlust der Reproduzierbarkeit keineswegs Verlust der betreffenden Residuen bedeutet; diese machen sich oft — durch Erleichterung des Wiedererkennens oder durch Reproduktion in besonderen Seelenzuständen, wie Angst, Hypnose usw. — noch geltend, wenn sie ganz verschwunden erscheinen“ (4, S. 137). Becher fasst das Residuum als ein seelisches auf im Sinne einer unbewussten seelischen Nachwirkung der Erlebnisse. Das Residuum bedarf aber zu seiner Aktivierung einer ihm entsprechenden Hirnrindenerregung, „sozusagen einer nervösen Resonanz im Grosshirn.“ „Nur unter dem Einfluss einer entsprechenden Hirnregung kann es zu neuer voller Lebendigkeit angeregt werden.“ Die Gehirnschädigungen machen die erforderlichen Gehirnerregungen unmöglich und verhindern dadurch die Reproduktion“ (4, S. 137). Neben psychischen Residuen nimmt Becher auch psychische Assoziationen an, als psychische Verbindungen. „Die Simultanassoziation der Residuen, die von den gleichzeitigen Bewusstseinsinhalten zurückbleiben, ist nichts anderes als die im Unbewussten fortbestehende Verbindung“ (4, S. 139). „Dies Fortbestehen fordert an sich nicht mehr eine Erklärung als der Fortbestand körperlicher Dinge oder der sie in ihre Teile verbindenden Kräfte; da handelt es sich um letzte Tatsachen, von denen das Erklärungsstreben Halt machen muss“ (4, S. 140). Die Assoziationen lässt Becher von der Unversehrtheit besonderer Einrichtungen im Gehirn abhängig sein. „Die Lahmlegung und scheinbare Vernichtung von Assoziationen durch Zerstörung von Assoziationsfasern lässt sich nun durch eine Ausgestaltung der

psychistischen Gedächtnishypothese erklären, die zugleich deutlich macht, wie die Residuen zu den für ihre Aktivierung erforderlichen Hirnrindenerregungen kommen. Wenn nämlich die letzteren durch Erregungsleitung über Assoziationsfasern zustande kommen, so versteht man, dass Zerstörung solcher Fasern die Aktivierung von psychischen Residuen verhindern kann, indem sie die Entstehung der erforderlichen Hirnerregungen verhindert" (4, S. 141). „Während nach der üblichen physiologischen Hypothese die Ausschleifung von Assoziationsbahnen den Lauf nervöser Erregungen im Grosshirn bestimmt, übernimmt nach unserer psychistischen Auffassung die seelische Assoziation die Führung des Erregungsverlaufes im Gewirr der zentralen Leitungsbahnen (4, S. 142).

Indes stösst die Becher'sche psychistische Gedächtnishypothese auch auf Schwierigkeiten. Sie kann die Schwierigkeiten auch nicht vermeiden, die der physiologischen Theorie aus der Annahme materieller Residuen erwuchsen. So muss auch diese psychistische Theorie einer „Zuordnung sensorischer und amnestischer Gebiete durch bestimmte Leitungsbahnen, eine Projektion der ersteren auf die letzteren" (4, S. 144) annehmen und ist gezwungen, damit auch die Schwierigkeiten der Erklärung dieser Zuordnung von den rein physiologischen Theorien zu übernehmen.

Indes besteht für uns durchaus keine Notwendigkeit, psychische Residuen und psychische Assoziationen anzunehmen. Wir haben bei der Untersuchung der physiologischen Gedächtnistheorien nur festgestellt, dass sie insofern nicht genügen, als ein rein physiologischer lückenloser Kausalnexus nicht konstruiert werden kann und auch nicht annehmbar sein kann. Indes ergab sich aus unseren Betrachtungen nicht die Notwendigkeit, eine psychische Existenz der Residuen und der sie verbindenden assoziativen Bahnen anzunehmen. Wir haben nur immer gesehen, dass es zur Erklärung der Gedächtniserscheinungen einer Lenkung der physischen Prozesse bedarf und dass diese Lenkung nicht aus der Struktur der nervösen Substanz erklärt werden kann, da sie sonst eine rein zufällige, von äusseren Reizen abhängig wäre.

Es steht nichts im Wege, diese Lenkung als eine psychische zu betrachten, indem wir annehmen, dass psychische Faktoren physische Erregungen leiten, dass die seelischen Faktoren mit den körperlichen zusammenwirken, indem sie den Ablauf der physischen Vorgänge im Gehirn bestimmen und so die Weiche darstellen, nach der die Vertreter einer rein physiologischen Gedächtnistheorie so lange vergeblich suchen. Wir brauchen uns in der Ausgestaltung dieser psycho-physiologischen Theorie nicht auf ganz bestimmte physiologische Vorstellungen festzulegen, sondern die Aufklärung der physiologischen Hirnvorgänge der Physiologie überlassen. Unsere Aufgabe war nur die, zu zeigen, dass eine rein physiologische Erklärung des Gedächtnisses im Sinne eines absoluten Materialismus oder eine materialistischen Parallelismus unmöglich ist, dass die Gedächtniserscheinungen nicht rein physiologisch gedeutet werden dürfen, sondern, dass im Sinne der Wechselwirkungslehre, eine Mitwirkung psychischer Faktoren gefordert werden muss.

Literaturverzeichnis.

1. Adrian. Untersuchungen der Sinnesorgane mit Hilfe elektrophysiologischer Methoden. Er. Physiol. 26, S. 501.
2. Adrian u. Bronk. The discharge of impulses in motor nerve fibres. J. Physiolog. 67, S. 119 (1929).
3. E. Becher. Gehirn und Seele, Heidelberg 1911.
4. E. Becher. Über physiologische und psychistische Gedächtnishypothesen. Arch. f. Psych. 35, S. 125 ff. (1916).
5. A. Beck. „Die Bestimmung der Lokalisation der Gehirn- und Rückenmarksfunktion vermittels der elektrischen Erscheinungen" und „Die Ströme der Nervenzentren". Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften. Krakau 1890, Zbl. Physiol. 4. S. 473 u. 572 (1890) u. Zbl. Physiol. Bd. 6, S. 1.
6. Hans Berger. Über das Elektrenkephalogramm des Menschen. Arch. f. Psychiatrie 87 (1929).
7. „ „ II. Mitteilung J. für Psychologie und Neurologie 40, S. 160 (1930).
8. „ „ III. Mitteilung Arch. f. Psychiatrie 94, S. 16 (1931).
9. „ „ IV. Mitteilung „ „ „ 97, Heft 1.
10. „ „ V. Mitteilung „ „ „ 98, S. 231 (1933).
11. „ „ VI. Mitteilung „ „ „ 99, S. 555 (1933).
12. „ „ VIII. Mitteilung „ „ „ Bd. 101 3. H.
13. Bernstein. Elektrobiologie. Braunschweig. 1912.
14. T. Brailsford Robertson. Further studies in the chemical dynamis of the central nervous system. 1. The time relation of a simple voluntary moment. Folia Neurobiologica 6. 1912, S. 1912, S. 555.
15. T. Brailsford Robertson. On the physiological condition underlying phenomena of heightened suggestibility, hypnosis, multiple personality, sleep etc. Folia neurobiologica, 1913 Bd. 12 S. 309.
16. Bremer. La sommation d'influx nerveux de l'arc reflex spinal. C. r. Soc. Biol. 103 S. 509 (1930).
17. Bremer. Nouvelles recherches de la sommation central. C. r. Soc. Biol. 104, S. 810.
18. Bremer. Contr. a l'étude du phénomène de l'inhibition central. Ebd. 106 S. 465 (1931).
19. Bremer. The summation of nervous impulses. Amer. J. Physiol. 90, 1929.
20. Denny Brown und Sherrington. Subliminal fringe in spinal reflexion. J. of Physiol. 66, S. 175 (1928)
21. Graham Brown. On the phenomen of facilitation. 4 Arbeiten. Quart. J. exp. Physiol. 9, S. 81, 101, 117, 131 (1915).
22. Ramón y Cajal. Einige Hypothesen über den anatomischen Mechanismus, Ideenbildung, der Assoziation und der Aufmerksamkeit. Arch. f. Anatomie u. Physiologie, 1895 Abt. Anatomie S. 367.
23. Caton. Brit. med. J. 2, S. 278. 1875. Ref. Zbl. Physiol. r. Nr. 25 (1890)
24. Donaldson und Ingert zitiert aus Sherrington: Über das Zusammenwirken der Rückenmarkreflexe und das Prinzip der gemeinsamen. Strecke. Erg. Physiol. 4. S. 797 (1905).

25. U. Ebbecke. Die kortikalen Erregungen. Leipzig 1919.
26. Ebbinghas. Grundzüge der Physiologie, Teil I.
27. Eccles and Sherrington. Studies in the flexor reflex. The reflex response evoked by 2 centripetal volleys. Proc. roy. Soc. Lond. B. 107, S. 511 (1931).
28. Eccles and Sherrington. Reflex summation in the ipsilateral spinal flexion reflex. J. of Physiol. 69, S. 1 (1930).
29. Eccles and Sherrington. General Conclusions Ebd. 597.
30. Benno Erdmann. Grundzüge der Reproduktionspsychologie, Berlin und Leipzig 1930.
31. Exner. Entwurf zu einer physiologischen Erklärung psychischer Erscheinungen. Leipzig 1894.
32. Fleischl von Marxow, Zbl. Physiol. 4 (537) (1890).
33. P. Flechsig. Gehirn und Seele. 1896.
34. Forbes, Davis and Lambert. The conflict between excitatory and inhibitory effects in a spinal centre. Amer J. Physiol. 95 S. 142 (1930).
35. F. Fulton. Muscular contraction and Reflex control of movement. Baltimore.
36. Gasser and Erlanger. The endings of the axon action potential, and its relation to other events in nerve activity. Amer. J. Physiol. 94, p. 247.
37. J. Geyser. Die Seele, Leipzig 1914.
38. Goldscheider. Über die materiellen Veränderungen bei den Assoziationsbildungen. Neurol. Zentr. bl. 1906. Bd. 25, S. 146.
39. Goldscheider. Über krankhafte Überempfindlichkeit und ihre Behandlung. Zschr. f. physik. u. diät. Therapie 1918, Bd. 22.
40. Goldscheider. Die Bedeutung der Reize im Lichte der Neuronenlehre, Leizig 1898.
41 K. Goldstein. Die Lokalisation in der Grosshirnrinde, Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, Bd. X.
42. Griesinger. Ges. Werke: Über psychische Reflexaktionen. 1843.
43. E. Hering. Zur Theorie der Nerventätigkeit, Leipzig 1899.
44. E. Hering. Zur Theorie der Vorgänge in der lebendigen Substanz. Lotos N. F. 9. 1889.
45. E. Hering. Über das Gedächtnis. (1870).
46. P. Hoffmann. Untersuchungen über die Eigenreflexe (Sehnenreflexe) menschlicher Muskeln. Berlin, 1922.
47. R. Höber. Physik. Chemie der Zelle u. der Gewebe. 6. Aufl. S. 705. 1926.
48. Lapicque. L. u. M. Mesure analytique de l'excitabilité réflexe. C. r. Soc. Biol. 72, S. 871. (1912).
49. Lapicque. Sur la théorie de l'addition latente. Ann. de Physiol. 1. S. 132 (1925).
50. Lasson. Phil. Vorträge III. Folge, 2. H. 1894. S. 67.
51. Levin. J. Physiol. 63, p. 113.
52. R. S. Lillie. Physiol. Rev. vol. 2, p. 1.
53. J. Lindworsky. Fordern die Reproduktionserscheinungen ein psychisches Gedächtnis? Phil. Jahrbuch 33 (1920) S. 18 ff.
54. Lucas und Adrian. On the summation of propagated disturbances J. of Physiol. 44 S. 68 (1912).
55. Lucas und Adrian. The conduction of nervous impulse. London 1917.
56. Luys. Das Gehirn, sein Bau und seine Verrichtungen. Leipzig 1877.

57. Matthaei. Erregung und Erregbarkeitssteigerung sowie über Dauererregungen im Zentralnervensystem. Dtsch. med. Wscht. 1922 Nr. 35/36.
58. Semi Meyer. Übung und Gedächtnis, Wiesbaden 1904, S. 40.
59. Minkowski. Arch. d. ges. Physiol. 31.
60. L. Morgan. Instinkt und Gedächtnis, Leipzig, Berlin 1909.
61. Offner. Das Gedächtnis. Berlin 1909.
62. Ostwald. Vorlesungen über Naturphysiologie. S. 367.
63. Dubois Reymond. Grenzen des Naturerkennen, Leipzig 1916.
64. E. Rettig. Die physikalische Formel der Seele. Karlsruhe 1920.
65. E. Rignano. Über die mnemonische Entstehung und die mnemonische Natur affektiver Neigungen. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 20, S. 1
66. E. Rignano. Das biologische Gedächtnis in der Energetik.
67. Sherrington. Über das Zusammenwirken der Rückenmarksreflexe und das Prinzip der gemeinsamen Strecke. Erg. Physiol. 4. S. 797 (1905).
68. Sherrington. The integrative action of nervous system. Arch f. int. Physiol. 18, S. 620 (1921).
69. Sherrington. Some funktional proplems attaching to convergense Proc. Roy. Soc. Lond., 105 (332) 1929.
70. Sherrington. Remarks on some aspects of reflex inhibition. Proc. roy. Soc. Lond. Bd. 97 S. 519 (1925).
71. Stirling. Über die Summation elektrischer Hautreize. Arb. physiol. Anst. Leipzig 9; 223 (1874).
72. Urbantschitsch. Über Sinnesempfindungen und Gedächtnisbilber. Pflügers Arch. 1905, Bd. 110 S. 437.
73. Vageler. Zur Theorie der Erregungsleitung im Nervensystem. Naturwissenschaften 7. 1919. S. 934.
74. M. Verworn. Die Mechanik des Geisteslebens, Leipzig 1910.
75. M. Verworn. Biogenhypothese. Jena 1903.
76. M. Verworn. Die zellularphysiologische Grundlage des Gedächtnisses. Ztschr. f. allg. Physiol. (1907).
77. M. Verworn. Physiologische Erregbarkeitstypen. Deutsche Med. Woch. Schr. 1916. S. 306
78. M. Verworn. Die Entwicklung des menschlichen Geistes. 1910.
79. M. Verworn. Die Vorgänge in den Elementen des Nervensystems Ztschr. f. allg. Physiologie Bd. 6, 1907.
80. Aloys Wenzl. Das Leib-Seele-Problem im Lichte der neueren Theorien der physischen und seelischen Wirklichkeit. 1933.
81. W. Wundt. Grundzüge der physiologischen Psychologie Bd. 1, 5. Aufl. 1902.
82. H. E. Ziegler. Theoretisches zur Tierpsychologie und vergleichenden Neuronenphysiologie. Biol. Zentralblatt 1900, Bd. 20, S. 1.

Lebenslauf.

Geboren als Sohn des Kaufmanns Gustav Kienle in Waldshut verbrachte ich meine frühe Jugend bei meinen Grosseltern Oberlehrer Buntru in Tiengen. Nach 4 Jahren Volksschule besuchte ich von hier aus das Realgymnasium in Waldshut, wo ich Ostern 1930 die Reifeprüfung bestand. Ich widmete mich darauf in Frankfurt a. M. und später in Freiburg dem Studium der Medizin. Gleichzeitig studierte ich Psychologie und Philosophie. Ende Sommer-Semester 1932 bestand ich die ärztliche Vorprüfung in Freiburg, wo ich noch dem Studium der Medizin obliege.

An dieser Stelle möchte ich den Herren Professoren Dr. M. Honecker und Dr. P. Hoffmann für die vielen wertvollen Anregungen herzlichst danken.